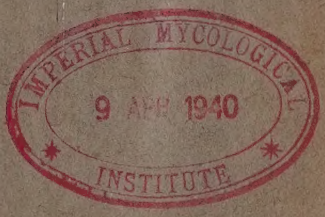
1939 № 6

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ

BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'UNION DES RÉPUBLIQUES SOVIÉTIQUES SOCIALISTES

SÉRIE BIOLOGIQUE



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА MOSCOU

ИЗВЕСТИЯ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ

BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

SÉRIE BIOLOGIQUE

№ 6

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва ★ 1939 ★ Moscou

Ответственный редактор акад. В. Л. Комаров

Заместители ответств. редактора: акад. И. И. Шмальгаузен,
член-корр. АН СССР Х. С. Коштоянц

Редактор Н. И. Малаховский
Техн. редакторы: А. З. Сокольский и О. И. Подобедова

Сдано в набор 1/X 1939 г. Подп. к печ. 17/II 1940 г. П. л. $16^3/_4$. + 1 вкл. 60 000 зн. в п. л.
Тираж 3.100. Бум. $70 \times 105^1/_{16}$. Уполн. Главлита А—22857, АНИ № 1843. Зак. № 1117.

Типо-литография Издательства Академии Наук СССР, Ленинград, В. О., 9 лин., д. 12.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

А. И. ОПАРИН

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Доклад тов. В. М. Молотова на XVIII съезде ВКП(б) поставил задачу в третью пятилетку не только значительно увеличить производство пищевых продуктов, но также и коренным образом улучшить их качество. Последнее определяется двумя моментами: во-первых, качеством сельскохозяйственного сырья и, во-вторых, характером переработки этого сырья в производстве. Во многих случаях качество сырья имеет доминирующее, решающее значение. Поэтому казалось бы, что на эту сторону дела должно быть обращено самое серьезное внимание. Однако, к сожалению, в действительности дело обстоит не так. В большинстве случаев сырье принимается нашими заводами и фабриками просто по весу без всякого учета его качества. Так, например, при приемке сахарной свеклы центнер ее оценивается одинаково вне зависимости от того, содержит ли данная свекла 16% или 20% сахара. То же имеет место и по отношению к картофелю на винокуренных и крахмалопаточных заводах и по отношению к ряду других сельскохозяйственных продуктов. Несмотря на то, что различные партии зерна могут обладать глубоко различными хлебопекарными качествами, при приемке зерна этот момент почти не принимается во внимание и даже мука расценивается лишь, главным образом, с точки зрения механической стороны дела, с точки зрения ее выходов. Хлебопекарные же ее качества или не учитываются совсем или учитываются весьма неудовлетворительно. Нам часто приходилось присутствовать при тех весьма горячих спорах, которые возникают при приемке зеленого листа на наших чайных фабриках, и нередко принятая в конце концов расценка листа (его сорт) отражала собою не столько качество этого листа, сколько энергию одной из спорящих сторон.

Такого рода положение исключает или сильно затрудняет работу селекционера и агронома-растениевода над качеством сырья, а с другой стороны, технолог без учета качества сырья не может приспособить надлежащим образом схему производственного процесса с тем, чтобы согласовать эту схему с характером перерабатываемого сырья. В этом деле в третью пятилетку должен быть осуществлен коренной поворот, что будет чрезвычайно содействовать улучшению качества наших продуктов.

Главная причина указанного неудовлетворительного положения лежит в том, что в ряде важнейших отраслей промышленности, перерабатывающей сельскохозяйственное сырье, не имеется еще достаточно отчетливого представления о том, в чем именно состоит качество этого сырья и каким требованиям последнее должно удовлетворять. Производственник-технолог не может предъявить селекционеру и растениеводу точных объективных показателей качества, на которые он должен был бы равняться в своей работе. Обычно принято говорить, что то сырье является высококачественным, которое при нормальной технологической схеме даст наибольшие выходы хорошего, доброкачественного конечного продукта. Поэтому в большинстве случаев качество такого сырья, как зерно, свекла, картофель, чайный или табачный лист и т. д., обычно определяется путем непосредственной переработки, получения из него готового изделия и последующей оценки этого изделия органолептическим путем (пробная выпечка, пробное пивоварение, пробная варка сахара, гонка спирта и т. д.). Но такого

рода эмпирический метод определения качества сырья при всей его кажущейся простоте и наглядности является и чрезвычайно сложным и вместе с тем весьма ненадежным. Так, например, для оценки хлебопекарных качеств зерна должен быть прежде всего осуществлен помол этого зерна, что нередко делается на маленьких лабораторных или на полупроизводственных мельницах, существенно изменяющих хлебопекарные качества получаемого продукта. Затем осуществляется выпечка, которая может быть произведена по различным технологическим схемам. Сейчас в литературе и в хлебопекарной практике существует более 12 рецептов пробных выпечек. Уже одна эта цифра показывает, насколько субъективен этот метод. Каждая партия оцениваемого зерна или муки требует к себе определенного подхода, определенной технологической схемы, и только при этих условиях она выявляет все свои качества. При применении одного какого-либо метода выпечки далеко не исключена возможность того, что данный сорт зерна бракуется только в силу его несоответствия данной схеме выпечки и, если бы была применена иная схема, иной улучшитель и т. д., наше суждение об этом сорте могло бы резко измениться. То же самое можно сказать и об оценке сырья в других отраслях промышленности. Метод пробных варок, выпечек и т. д. слишком громоздок, чтобы его применять для приемки сырья по качеству, и далеко не всегда может правильно ориентировать производителя сырья в борьбе за качество зерна, свеклы, картофеля и т. д.

Для того чтобы правильно разрешить поставленную выше задачу, необходимо, во-первых, прежде всего выяснить, в чем по существу состоит качество того или иного сырья и, во-вторых, установить объективные показатели качества и дать приемлемые для сельского хозяйства и промышленности широко доступные методы его определения. Созванное Биологическим отделением и Институтом биохимии Академии Наук СССР совещание по качеству растительного сырья было посвящено изложенным здесь вопросам. Совещание сосредоточило свое внимание на тех категориях сырья, которые являются ведущими в ряде отраслей промышленности. В частности, здесь были рассмотрены пшеница, ячмень, картофель, сахарная свекла, овощи, табачный и чайный лист, каучуконосы как сырье для соответствующих отраслей промышленности (хлебопечение, пивоварение, винокурение, крахмало-паточная, консервная, сахарная, табачная и чайная промышленности и производство естественного каучука). Ниже приведены те основные доклады, которые были заслушаны на совещании, и те конкретные выводы, к которым оно пришло в результате своей работы. В большинстве случаев был констатирован тот разрыв между сельским хозяйством и промышленностью, на который я указывал выше. Но наряду с этим были установлены и те пути, по которым мы должны итти для разрешения разбираемой проблемы. В отношении некоторых отраслей промышленности уже сейчас имеется известная ясность в вопросе о качестве сырья. Так, например, в отношении хлебопекарных качеств зерна и муки этот вопрос за последние годы в значительной степени уже продвинулся вперед. Однако на Совещании выяснилось, что существующие ОСТы на зерно и муку не могут нас правильно ориентировать в оценке хлебопекарных свойств и поэтому они должны быть изменены в соответствии с новыми объективными методами определения газообразующей и газоудерживающей способности муки.

Существенных результатов удалось добиться и в области оценки картофеля, как сырья для винокуренной промышленности, и свеклы — для сахарной промышленности. В отношении последней было показано, что здесь наряду с сахаристостью корня (что, конечно, понятно каждому) существенную роль играет и патокообразующая способность «несахаров» свеклы. Так, например, при одной и той же оптимальной технологической схеме из одной партии свеклы мы можем извлечь в кристаллическом виде 86% заключенного в корне сахара, а из другой партии только 82%. Легко понять, какое большое производственное значение имеет указанное обстоятельство. Существенные результаты получены и в области табачной промышленности, хотя и по сей день приемка листа на ферментационные заводы осуществляется на основании чисто внешнего органолептического бракеража. В отношении других отраслей промышленности еще

необходима дальнейшая работа над выяснением сущности качества сырья и над установлением объективных показателей этого качества. Совещание высказало мнение, что ввиду исключительной важности изложенного вопроса для народного хозяйства Академия Наук должна взять на себя методическое руководство научно-исследовательскими работами по проблеме качества сельскохозяйственного сырья (по установлению объективных показателей, методов и норм оценки качества этого сырья).

Однако результаты этой работы не будут в достаточной степени эффективными, если практические мероприятия по борьбе за качество сельскохозяйственного сырья останутся такими же разрозненными, случайными, как это имеет место сейчас, если сохранится тот разрыв, который существует между производителями и потребителями сырья. Необходимо в той или иной форме объединить работу Наркомзема, Наркомзага и Наркомпищепрома над этой весьма сложной разносторонней проблемой.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

А. И. ОПАРИН

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХЛЕБОПЕКАРНОГО КАЧЕСТВА ЗЕРНА И МУКИ*

Хлебопекарные качества муки в основном заложены уже в том зерне, из которого данная мука получена. Они определяются как сортом зерна, так и внешними условиями, при которых происходило его созревание. Указанные качества муки зависят не только от ее первоначального химического состава, но и от того, как, с какой скоростью находящиеся в муке вещества будут изменяться при технологическом процессе. Для правильно осуществляющегося хлебопекарного процесса необходимо, чтобы химические изменения, происходящие в тесте при его замесе, расстойке и в начале выпечки, протекали с вполне определенной скоростью. В противном случае, даже при нормальной технологической схеме, хлеб получается дефектным, и следовательно хлебопекарные качества муки должны быть признаны низкими.

Скорость химических процессов, протекающих в тесте при его замесе, расстойке и в начале выпечки, зависит, во-первых, от количества и активности заключенных в муке ферментов и, во-вторых, от того, насколько легко вещества муки поддаются ферментативному воздействию (атакуемость субстрата).

От углеводного комплекса муки и его ферментативного изменения в процессе тестоведения, расстойки и выпечки зависят следующие хлебопекарные качества: 1) газообразующая способность теста; 2) водоудерживающая способность хлеба; 3) цвет корки. Количество образующегося в тесте в результате брожения газа зависит не только от количества и качества дрожжей, но и от содержания в тесте способных сбраживаться сахаров. Это содержание складывается из тех сахаров, которые первоначально находились в муке (в том числе из сахарозы) и из мальтозы, образующейся в результате ферментативного осахаривания крахмала в процессе тестоведения и расстойки. В большинстве случаев собственные сахара муки полностью выбраживаются в первые стадии технологического процесса, и газообразование в тесте в наиболее ответственный момент его расстойки почти целиком зависит от того сахара, который образуется вследствие ферментативного распада крахмала. В нормальной муке этот распад осуществляется благодаря действию β-амилазы. Так как указанный фермент разлагает крахмальное зерно лишь с его поверхности, осахаривающее действие при прочих равных условиях будет тем больше, чем мельче крахмальные зерна и, следовательно, чем выше их общая удельная поверхность. Обычно в муке находится весьма значительное количество активной β-амилазы. Поэтому скорость осахаривания, главным образом, зависит от атакуемости субстрата, от удельной поверхности крахмальных зерен. В основном это свойство определяется сортом зерна и условиями его созревания, но оно может существенно изменяться и в зависимости от характера помола.

Нормальный коричневый цвет корки белого хлеба зависит от того сахара, который сохраняется в тесте к моменту его посадки в печь и который образуется вследствие ферментативного распада крахмала в первые периоды выпечки. Если

* Статья «Биохимические показатели хлебопекарного качества зерна и муки» помещена в № 1 Изв. АН, сер. биолог., за 1939 г.

ферментативное осахаривание крахмала в тесте протекает медленно, то весь содержащийся в муке сахар ко времени посадки теста в печь оказывается сброженным. Хлеб при этом получается ненормально бледным. Таким образом, цвет корки хлеба точно так же, как и газообразующая способность теста, в первую очередь определяется скоростью ферментативного осахаривания крахмала. Эта скорость до известной степени может быт определена по методу Рамзай. Однако, на практике более точные данные можно получить при помощи суммарного определения газообразующей способности муки. (Метод описан в работе А. И. Островского «Сборник биохимии хлебопечения».) В муке, полученной из проросшего или морозобойного зерна, наряду с β-амилазой содержится α-амилаза. Наличие этого фермента сильно повышает газообразующую способность теста. Благодаря своей высокой термостабильности α-амилаза интенсивно разлагает крахмал и в первые периоды выпечки. В результате этого в хлебе накапливается большое количество декстринов, а вместе с тем понижается водоудерживающая способность крахмального клейстера хлеба, так как α-амилаза действует именно на гидрофильные связи крахмала. Все это приводит к тому, что мякиш хлеба даже при стандартной влажности делается сырым наощупь и легко комкующимся. Таким образом, наличие α-амилазы является вредным с хлебопекарной точки зрения. Для предварительного определения наличия α-амилазы в муке успешно может применяться модифицированный нами метод Вольгемута.

От белкового комплекса муки и его ферментативного изменения в процессе тестоведения и расстойки зависят водоудерживающая и газоудерживающая способности теста. Таким образом, белковый комплекс определяет собой как поведение теста (его расплываемость), так и качество хлеба: его объем, пористость и структуру мякиша. Клейковина пшеничного теста в течение всего технологического процесса постепенно изменяет свои механические свойства. Из «короткой» и скоро рвущейся она делается вначале процесса более связной и эластичной. Следовательно, в этот период ее механические свойства улучшаются, но затем при дальнейшем хранении теста они начинают падать, происходит уменьшение крепости клейковины, она начинает легко растягиваться и теряет свою эластичность. Для хлебопечения важно, чтобы к моменту посадки в печь клейковина достигла оптимума в отношении своих механических свойств, но не перешла бы за этот оптимум. Следовательно, для хлебопечения является чрезвычайно важным та скорость, с которой происходят изменения механических свойств клейковины.

Изменения механических свойств клейковины в первую очередь зависят от совершающегося в тесте протеолиза. Скорость этого процесса определяется, во-первых, активностью протеаз муки и, во-вторых, атакуемостью белков клейковины.

Из сказанного следует, что клейковина, отмытая по стандартному методу, т. е. через полчаса после замеса теста, не может в достаточной степени характеризовать хлебопекарные свойства муки, так как при этом не выявляется скорость протеолиза. Требуемая характеристика может быть получена лишь на клейковине, отмытой после 3-часовой отлежки теста. Для этого можно применять метод Ауэрмана или метод Кранца. Для характеристики расплываемости теста хорошие результаты дает метод «шарика» Ауэрмана или консистометрия.

Указанные методы характеристики муки достаточно показательны и вполне применимы в хлебопекарной практике, но не нужно забывать, что они отражают собою целую сумму явлений. Так, например, быстрое нарастание растяжимости клейковины в одной муке бывает обусловлено избыточный активностью протеолитических ферментов, а в другой — легкой атакуемостью белков.

Активность протеаз определяется содержанием в муке активаторов типа глютатиона или цистеина. Количество этих веществ зависит от сорта и условий произрастания зерна, но оно может изменяться и в зависимости от техники помола, так как зародыш зерна сравнительно очень богат глютатионом. Содержание активаторов в муке может быть определено по методу, разработанному в Институте биохимии. Избыточная активность протеаз в тесте может быть понижена путем добавления броматов и других веществ, переводящих сульфгидриль-

ные соединения в окисленную форму. Атакуемость белков клейковины зависит от сорта зерна и условий его созревания (от «зрелости» зерна). Ее можно определить путем прямого воздействия на белки клейковины активированными ферментными препаратами. На эту сторону дела должно быть обращено особое внимание при селекции пшениц.

Потемнение теста при замесе и цвет хлебного мякиша в ряде случаев зависят от окисления тирозина кислородом воздуха, осуществляемого ферментом тирозиназой. Однако, исследования, произведенные с макаронной мукой, показывают, что главное значение в этом явлении нужно придавать не тирозиназе (которая в большинстве образцов муки находится в избытке), а полипептидазам, в результате действия которых в муке образуется свободный тирозин. В отношении хлеба эти положения нуждаются еще в дальнейшем исследовании.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

В. Л. КРЕТОВИЧ и Р. Р. ТОКАРЕВА

БИОХИМИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗЕРНА КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЙ И МОРОЗОМ

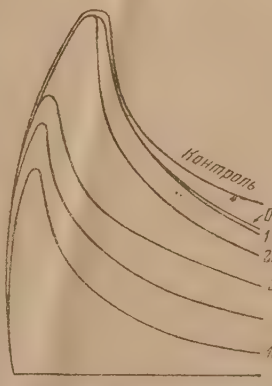
(*Представлено академиком* А. Н. Бахом)

Задачей настоящей статьи является краткое изложение результатов исследований, проводившихся нами во Всесоюзном научно-исследовательском институте зерна, по изучению биохимических особенностей зерна, поврежденного клопом-черепашкой и морозом.

Клопы-черепашки повреждают зерно пшеницы при созревании, прокалывая его покровы и, повидимому, впуская в него выделения своего пищеварительного тракта, содержащие активные энзимы, в результате чего зерно, хотя и созревает, но теряет как свои семенные, так и хлебопекарные качества. Что действительно выделения клопа содержат активные энзимы, в частности, протеолитические, которые он, прокалывая зерно, впускает внутрь, подтверждается прежде всего анатомическими исследованиями зерна, поврежденного клопом-черепашкой. Исследования показали, что в зоне укола в эндосперме растворены белковые вещества и оболочки клеток Флекингер (Fleckinger, 1936), а также частично растворены и корродированы крахмальные зерна [Гопф (Hopf, 1938)]; далее на это указывают исследования Маленотти (Malenotti), который наблюдал выделение этой «слюны» клопом; наконец, об этом же говорят исследования французского ученого Гийеме (1936), который экстрагировал разные части тела клопа-черепашки для того, чтобы получить энзиматически-активные экстракты, и путем проверки действия их на клейковину обнаружил, что особенно большой активностью обладает экстракт из той части клопа-черепашки, в которой содержатся пищеварительные железы.

Повреждение зерна клопом-черепашкой снижает всхожесть и очень сильно (даже при небольшом проценте поврежденных зерен) ухудшает хлебопекарные свойства муки. В этом смысле очень показательны цифры, полученные Муравьевым (1935), который измерял объем хлеба из 100 г муки; последний из муки нормальных зерен был равен 735 см³ и из 100 г муки поврежденных зерен — 450 см³. Тесто в период тестоведения и расстойки разжижается и совершенно не подходит, вследствие чего хлеб получается плоский.

Чрезвычайно наглядную иллюстрацию разжижения теста под влиянием различного содержания поврежденных зерен в партии, из которой была смолота мука, дают полученные нами и изображенные на фиг. 1 альвеограммы (⁴). Альвеограф дает возможность измерять и выражать в эргах на грамм теста работу W, необходимую для раздувания в пузырь определенным образом приготовленной пластинки из испытуемого теста. Из фиг. 1 видно, что по мере увеличения примеси



Фиг. 1. Альвеограммы теста из муки с разным повреждением

поврежденных зерен высота альвеограммы, характеризующая упругость теста, очень сильно падает; соответствующие величины W, приведенные в табл. 1, показывают, что по мере увеличения примеси поврежденных зерен требуется все меньшая работа для преодоления сопротивления теста раздуванию.

Таблица 1

Добавлено поврежденных зерен (в %)	$W \cdot 10^3$
Контроль	343.0
0.5	290.5
1	300.8
2	254.9
3	249.6
5	178.9
10	113.7

Необходимо отметить одно важное обстоятельство. Часто считают, что наиболее правильным методом определения повреждения зерна клопом-черепашкой является подсчет процентного содержания поврежденных зерен, имеющих характерные желтые пятна и черные точки. Как видно из фиг. 1, действительно, если мы имеем смеси, содержащие возрастающее количество поврежденных зерен, можно установить довольно четкую связь между процентным содержанием поврежденных зерен в смеси и ухудшением качества клейковины. Однако было бы совершенно неправильным переносить результаты этих опытов в торговую практику, где мы имеем дело с зерном самых разнообразных внутренних качеств и самого разнообразного внешнего вида. Прежде всего при таком переносе допускается, что все поврежденные зерна пострадали в одинаковой степени, а это не верно.

Необходимо, кроме общего процентного содержания поврежденных зерен, учитывать также и степень повреждения, зависящую от целого ряда условий — стадии зрелости, на которой было произведено повреждение, сорта зерна, исходных качеств его клейковины и т. д. Установление повреждения хлебопекарных качеств пшеницы на основе определения процентного содержания поврежденных зерен не может быть правильным еще и потому, что существуют насекомые, накалывающие при созревании зерна пшеницы, вследствие чего на них образуются светлые пятна и темные точки, характерные для укола клопов-черепашек, не сопровождающиеся ухудшением качества клейковины, теста и хлеба; в отношении пшеничного трипса подобные указания мы находим у Гриванова (1938). В связи с этим становятся понятными случаи, когда мы имеем образцы, содержащие 8—10 и даже 26% зерен с пятнами и точками, характерными для повреждения клопами-черепашками, и все же дающими совершенно нормальный хлеб, — ясно, что повреждение было нанесено не вредными клопами, а другими насекомыми.

Единственно правильным методом определения степени повреждения является, следовательно, испытание качества теста или клейковины.

В основе разжижения теста лежит деградация клейковины.

Из поврежденного зерна клейковина либо совсем не отмывается при большом проценте повреждения либо, если и отмывается, представляет собой не клейковину, а какую-то глинистую, липкую массу, которая пристает к пальцам и которую назвать клейковиной никак нельзя. Если даже зерно повреждено в незначительной степени, то клейковина по мере отлежки ее в течение часа-двух полностью теряет свою первоначальную эластичность, превращается в какую-то сметанообразную массу.

Как показали опыты Кретовича и Токаревой (1939 б), катастрофическая деградация клейковины вызывается активными протеолитическими энзимами, содержащимися в поврежденном зерне. Энзимы эти очень трудно экстрагируются. Водой они извлекаются лишь после продолжительного автолиза (например, 24 часа); 0.5% раствор соды экстрагирует их очень быстро (уже за 1—2 часа) и в значительном количестве. Замешивая на полученном содовом экстракте муку с очень крепкой клейковиной, мы вызывали деградацию последней, потерю ею упругости и даже полное разрушение; кипячение этого экстракта полностью инактивировало содержащиеся в нем энзимы, вследствие чего клейковина, отмытая из теста, замешенного на таком кипяченом экстракте, обладала прекрасной эластичностью, даже немного лучшей, чем эластичность клейковины из теста, замешенного на содовом экстракте из здоровых зерен.

Испытание по методу Козьминой — Кранца клейковины, отмытой из теста, замешенного на содовых экстрактах и имевшего 30-минутную отлежку, дало следующие результаты:

Вытяжка из:	Растяжимость, см/мин:
здоровых зерен	0.47
поврежденных зерен	31.3
кипяченая из поврежденных зерен	0.1

Какие же изменения в химическом составе и активности ферментов вызывает укол, производимый клопом-черепашкой?

В табл. 2 сведены данные, полученные для зерна и для клейковины; зерно было дифференцировано, — были отобраны здоровые зерна, зерна с черной точкой и с пятном, зерна без черной точки. Содержание общего азота в зерне при повреждении клопом мало уменьшается, что же касается воднорастворимого азота, то разница огромная, — если в здоровом зерне по отношению к общему азоту мы имеем 14.5% воднорастворимого азота, то в поврежденном зерне — 28% и 29.8% (табл. 2).

Таблица 2

Зерна	Зерно							Клейковина	
	Азот общий, в %	Воднораство-римый азот, в % к общему азоту	Азот глиадина, в % к общему азоту	pH	Титруемая кислотность, в градусах	Активность каталазы	Активность диастаза	Общий азот, в %	Азот глиадина, в % к общему азоту
Здоровые	2.70	14.54	47.2	6.6	3.0	38.9	114.4	15.3	51.6
Зерна с точкой и пятном	2.59	28.0	54.2	6.5	4.2	37.8	163.6	15.2	72.4
Зерна с пятном	2.51	29.8	55.1	—	—	—	—	—	—

Таким образом, налицо увеличение воднорастворимого азота почти вдвое. Что касается азота, переходящего в спиртовый экстракт, так называемого глиадинового азота, то если мы имеем его в процентах к общему азоту 47% в здоровом зерне, то в поврежденном зерне 54—55%.

Активная кислотность (pH) почти не меняется; титруемая кислотность несколько увеличивается.

Активность каталазы почти не изменяется, несколько увеличена активность диастаза, в частности его осахаривающая способность.

В табл. 2 приведены также анализы клейковины.

Была получена клейковина из здоровых зерен и из зерен с примесью 11—12% зерна, поврежденного клопом-черепашкой. Клейковина была высушена в вакууме над концентрированной серной кислотой, и был произведен анализ на содержание в ней «глиадинового азота». Если в клейковине из здорового зерна «глиадинового азота» было 55%, то в клейковине из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, «глиадинового азота» было 72%, в процентах к общему азоту клейковины. Следовательно, мы имеем огромное увеличение растворимости белков клейковины.

Какими свойствами обладают белки, выделенные из зерна, поврежденного клопом, и нормального? Для того чтобы исследовать этот вопрос, нами по ацетоновому методу, предложенному Кретовичем (2), был выделен глиадин из зерна нормального и поврежденного и были исследованы его важнейшие константы (табл. 3).

Из табл. 3 видно, что по содержанию азота разницы не было, по содержанию серы было некоторое увеличение, но вряд ли ему можно придавать какое-либо

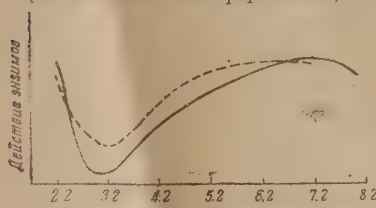
решающее значение, поскольку здесь могла иметь место просто механическая примесь. По содержанию триптофана различий не найдено. Особенно интересны физические показатели белков. Удельное вращение $(\alpha)_D$ в спиртовом растворе для нормального глиадина дает величину — 91—92°, что вполне совпадает с литературными данными, а для глиадина из поврежденных зерен оно составляет — 72.5°. При исследовании вязкости растворов одинаковой концентрации обнаруживается, что она значительно ниже в растворе глиадина из поврежденных зерен: в связи с имеющимися литературными данными этот факт указывает на глубокий протеолиз, происшедший в этом зерне.

Таблица 3

Глиадин из зерна	Азот (в %)	Сера (в %)	Триптофан (в %)	Вязкость спиртового раствора	Удельное вращение в спирте $[\alpha]_D^{20}$
Нормальных	17.6	0.97	0.91	3.008	—91.8
Поврежденных	17.1	1.37	0.87	2.737	—72.5

Таким образом, наши исследования показывают, что повреждение пшеничного зерна клопом-черепашкой приводит к очень глубоким изменениям белков, образующих клейковину, обнаруживаемым по целому ряду физических и химических показателей.

Дальнейший вопрос, который нас интересовал, это условия действия тех протеолитических ферментов, которые содержатся в поврежденном зерне.



Фиг. 2. Зависимость действия протеолитических ферментов от активной кислотности (pH)

При наличии мощного протеолиза интересно было выяснить зависимость действия этих ферментов от условий кислотности. Кривые (фиг. 2) дают представление о зависимости действия этих ферментов от активной кислотности (pH). Оказывается, что оптимальные условия их действия находятся примерно при нейтральной реакции (pH-7) и по мере подкисления действие их уменьшается. Отсюда становятся понятными данные, полученные Козьминой и Маркиным (1934) и Лосевым (1938), которые указывают на то, что при подкислении теста из муки, поврежденной клопом-черепашкой, соляной или молочной кислотой, можно получить нормальный хлеб и отмыть клейковину.

Следующий вопрос, который нас интересовал, это роль иодредуцирующих веществ типа глютатиона.

За последние годы рядом исследований установлено, что действие протеолитических ферментов очень усиливается при прибавлении к ним некоторых веществ, способных восстанавливать иод и содержащих так называемые сульфгидрильные группы, заключающие в себе особую форму серы. К числу таких веществ принадлежит глютатион, аминокислота цистеин и др. Можно было предполагать, что высокая активность протеолитических ферментов в поврежденных клопом зернах связана с повышенным содержанием в них этих иодредуцирующих веществ.

Оказалось, что никакой связи между протеолитической активностью и содержанием иодредуцирующих веществ установить не удалось.

Последний момент, который нас интересовал, — это влияние на протеолитические ферменты поврежденного зерна различных воздействий, в первую очередь так называемых улучшителей хлебопекарных качеств, которые за границей применяются в промышленной практике — броматов, иодатов и т. п. — и которые, как предполагают, окисляют иодредуцирующие вещества муки, тем самым прекращая активирование этими последними протеолитических ферментов.

Оказалось, что перекись водорода и иодаты, добавленные в незначительном количестве к муке из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, улучшают до некоторой степени, правда, очень незначительно, качество клейковины и хлебопекарные качества муки.

Особенно мощным фактором, который позволяет исправить клейковину поврежденного зерна, является его прогревание. На это имелись указания в заграничной литературе.

Опыты, проделанные в Институте зерна нами и т. Лосевым, показали, что прогревание увлажненного зерна при соответствующей температуре в течение определенного времени дает большой продолжительный эффект. Зерно, которое при обычных условиях совершенно не дает клейковины, может дать нормальную клейковину, если его подвергнуть термической обработке.

Отсюда вытекает вывод, который, повидимому, можно перенести в практику, — если поврежденное клопом-черепашкой зерно предварительно увлажнить, пропустить при соответствующем режиме через зерносушилку, то можно достигнуть довольно значительного эффекта. Этот вопрос подлежит дальнейшему исследованию.

В Биохимической лаборатории института нами впервые экспериментально было установлено, что если выделить из зерна поврежденный участок, то из остальной части зерна мы можем отмыть почти совершенно нормальную клейковину, — была установлена локальность повреждения зерна клопом-черепашкой, исходя их которой можно, выделив поврежденную часть зерна, получить нормальную муку. На этом принципе основан метод переработки поврежденного клопом зерна, предложенный Всесоюзным научно-исследовательским институтом зерна.

Переходим к повреждению зерна морозом. На определенных стадиях созревания, особенно на ранних стадиях при захвате морозом, получается так называемое морозобойное, морозобитое, или зяблое, зерно. Такое зерно при слабом повреждении отличается сетчатой поверхностью; на более глубоких стадиях повреждения мы имеем изменение цвета и сетчатую поверхность, и на еще более глубоких стадиях повреждения получаются очень щуплые, деформированные зерна. Как показали работы американских исследователей, повреждение зерна морозом тем глубже, чем менее зрелым было зерно в момент захвата. Повреждение морозом приводит к снижению семенных и хлебопекарных качеств зерна; хлеб получается с заминающимся мякишем, темный, с плохой пористостью и солодовым вкусом.

Нами были исследованы основные биохимические особенности морозобойного зерна ([3]).

В табл. 4 даны показатели биохимического анализа отобранных вручную нормальных и поврежденных морозом зерен.

Основными биохимическими особенностями поврежденных морозом зерен являются чрезвычайно повышенная диастатическая активность, значительно повышенная титруемая кислотность и повышенное содержание веществ, переходящих в водную вытяжку. Необходимо также отметить повышенное содержание общего азота, которое объясняется некоторой щуплостью морозобитых зерен и относительно большим содержанием в них алейронового слоя. Клейковина морозобойного зерна отличается своей меньшей растяжимостью. При глубоком повреждении морозом, когда получаются очень щуплые, деформированные зерна, меняется не только качество клейковины, но и сильно снижается ее количество. Это видно из табл. 5, в которой приведены данные по составу различных фракций морозобойного зерна.

Морозобойное зерно было разобрано на зерна здоровые, морщинистые без изменения цвета, морщинистые с изменившимся цветом и, наконец, щуплые, деформированные. Оказалось, что диастатическая активность закономерно нарастает по мере увеличения нанесенной морозом травмы, причем особенно сильно нарастает декстринирующая способность, определяемая по методу Ольсона с иодной пробой; количество сухой клейковины заметно снижается. Именно высокая декстринирующая способность диастаза в морозобойном зерне, вызы-

Таблица 4

Зерно	Общий азот, %	Водорастворимый N, %	Сухая клейковина, %	Гидратация клейковины, %	N глиадина, в % к общему N	Вещества, перех. в водную вытяжку, %	Кислотность спиртовой вытяжки, в градусах	Активность катазы	Активность диастаза	Зола, %
Мильтурум, Челябинская обл.										
Нормальное	2.03	0.35	6.74	200	38.4	6.4	2.6	38.2	225	1.94
Поврежденное морозом	2.24	0.39	6.46	195	38.0	7.01	3.1	39.3	339	2.01
Сушеное зерно, Красноярский край										
Нормальное	1.89	0.32	5.52	160	36.0	7.26	2.9	37.1	301	1.72
Поврежденное морозом	2.27	0.39	нет	—	35.7	9.06	4.1	37.8	404	1.67
Цезиум, Омская обл.										
Нормальное	2.44	0.36	9.6	193	45.4	6.65	3.2	37.9	262	1.72
Поврежденное морозом	2.70	0.42	9.7	180	43.4	7.76	4.0	38.6	360	1.75

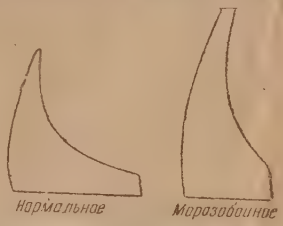
Таблица 5

Происхождение зерна	Характеристика фракции	Вещества, переходящие в водную вытяжку, %	Клейковина, %		Осахаривающая активность диастаза, по Рамзай	Декстринирующая активность диастаза, по Ольсону	
			сырая	сухая		А	Б
Челябинская обл.	Здоровые	7.06	24.44	7.68	150.3	5.0	1.0
	Морщинистые без изменения цвета	7.70	22.24	7.16	181.3	5.0	1.7
	Морщинистые с изменением цвета	7.79	20.55	7.10	191.3	10.0	1.7
	Щуплые	11.80	17.40	5.60	438.4	25.0	5.0
Иркутская обл.	Здоровые	8.20	28.12	9.56	265.5	1.2	1.0
	Морщинистые без изменения цвета	8.38	25.08	8.36	304.4	3.3	2.5
	Морщинистые с изменением цвета	9.10	21.60	7.00	355.2	3.3	2.5
	Щуплые	11.40	15.10	5.10	553.1	12.5	10.0
Омская обл.	Здоровые	7.25	33.0	10.6	121.0	4.0	0.4
	Морщинистые с изменением цвета	7.98	22.5	7.4	190.1	8.3	0.8
	Щуплые	13.98	7.7	2.5	426.1	35.7	1.7

вающая накопление в тесте и хлебе большого количества декстринов, является причиной липкости и легкой заминаемости мякиша хлеба. Что чрезвычайно характерно для морозобойного зерна — это изменение физических свойств клейковины. Клейковина, повидимому, в результате частичной коагуляции белка, происходящей под влиянием низкой температуры, становится неэластичной, короткорвущейся, менее растяжимой, меняет свою структуру, приобретая структуру губки. На альвеограммах, изображенных на фиг. 3, можно видеть отличия физических свойств теста, полученного из муки, смолотой из нормальных

зерен и из зерен, поврежденных морозом. Ясно видно, что растяжимость теста, отлагаемая на горизонтальной оси альвеограммы при повреждении зерна морозом, заметно уменьшается, в то время как упругость, характеризуемая высотой альвеограммы, повышается.

Из табл. 5 видно, что особенно опасными с точки зрения изменения биохимических, а следовательно, и хлебопекарных качеств являются сильно поврежденные морозом щуплые, деформированные зерна, в то время как зерна, поврежденные только слегка, имеющие на своей поверхности небольшую сетчатость, немного отличаются от нормальных зерен по биохимическим показателям, в частности по диастатической активности. Из этого следует важный вывод — определение процентного содержания морозобойных зерен в данной партии зерна совсем не дает еще представления о степени повреждения; при одинаковом процентном содержании морозобойных зерен две партии зерна могут очень сильно различаться по своим биохимическим и хлебопекарным качествам вследствие разного содержания в них щуплых, деформированных зерен.



Фиг. 3. Альвеограммы теста из морозобойного и нормального зерна

На основании всех наших биохимических данных можно было сделать вывод о том, что при переработке морозобойного зерна первое и основное мероприятие, которое необходимо ввести, — это выделение щуплых зерен при помощи зерноочистительных машин. Лабораторные опыты показали, что отбор щуплых зерен определенно улучшает хлебопекарные качества. Конечно, желательно в дальнейшем проверить наши выводы в условиях производства.

Последующие наши опыты были направлены на выяснение возможности улучшения хлебопекарных качеств морозобойного зерна при помощи горячего кондиционирования. Опыты, проведенные нами в лабораторных условиях, показали, что горячее кондиционирование при соответствующих режимах дает определенное снижение диастатической активности муки, улучшение качества хлеба, цвета и консистенции мякиша, пористости и т. д.

Дальнейшие воздействия на муку из морозобойного зерна с целью улучшения ее хлебопекарных качеств можно осуществить при приготовлении теста.

Исходя из того, что мука из проросшего зерна отличается резко повышенной активностью диастаза, особенно его декстринирующей способности, и из факта улучшения ее хлебопекарных качеств при подкислении теста, мы пытались применить этот способ к муке из морозобойного зерна, тем более, что исследования Ольсона (1934) и Онищенко (1938) показали, что декстриноген-амилаза, особенно активная в морозобойном зерне (табл. 5), очень чувствительна к изменениям реакции среды и сильно уменьшает свое действие при подкислении. Проведенные нами опытные выпечки показали, что для муки из морозобойного зерна 72% и в меньшей степени 85% выхода молочная кислота, прибавленная в тесто в количестве 0.25% и 0.5% от веса муки, дает совершенно определенное улучшение качества хлеба — пористость получается мельче и равномернее, цвет мякиша светлее и вкус лучше. Особенно благоприятные результаты получились при добавлении молочной кислоты в тесто из муки, полученной с применением горячего кондиционирования.

Убедившись в лучшем действии молочной кислоты, мы провели ряд опытов для сравнения опарного и безопарного способа в применении к муке из морозобойного зерна. Как и следовало ожидать, опарный способ, при котором в тесте образуется больше молочной кислоты, дает лучшие результаты. Опыты выпечек с применением жидких дрожжей, которые, как известно, способствуют накоплению в тесте молочной кислоты, показали также улучшение качества хлеба.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гриванов К., Социалистическое зерновое хозяйство, № 4, 1938.
[2] Кретович В., Доклады ВСХНИЛ, № 6, 1937.

3 Кретович В. и Токарева Р, Биохимия, 4, 68, 1939 а.
4 Кретович В. и Токарева Р., Биохимия, 3, 387, 1938.
5 Кретович В. и Токарева Р., Биохимия 4, № 6, 1939 б.
6 Козьмина Н. и Маркин Г., Труды Всесоюзного ин-та зерна, № 13, 1934.
7 Муравьев П. А., Труды Селекционно-генетического ин-та II, 1935.
8 Онищенко Е., Биохимия хлебопечения, Сборник I, 1938.
9 Румянцев П., Лосев Н., Теумин С., Клопы-черепашки, 1938.
10 Fleckinger J., Bull. de l'école franç. de Meunerie, 51, 198, 1936.
11 Guillemet R., Comptes Rend. Acad. Sc. Paris, 203, 570, 1936.
12 Hopf L., Das Mühlenlaboratorium, 8, 62, 1938.
13 Malenotti E., Atti Accad. Agric. Scie. Lett. Verona IX, 141, 1939.

V. KRETOVICH AND R. TOKAREVA. BIOCHEMISTRY OF THE DAMAGES INFLICTED UPON WHEAT BY WHEAT-BUG AND FROST

SUMMARY

1. The content of water-soluble and alcohol-soluble nitrogen is considerably increased in wheat-grain when damaged by wheat-bug. In the dry gluten from wheat containing 10—15 p. c. of damaged grains, the «gliadin» content is markedly increased.

The flour from damaged wheat exhibits greater diastatic activity and higher titratable acidity of alcohol extracts than normal flour.

2. A part of the damaged grain not bearing visible signs of wheat-bug damage (black points, spots) yields normal gluten.

3. The content of glutation-like reducing substances in damaged grains is not higher than in normal grains from the same sample.

4. The dissolving action of the proteases from grains damaged by wheat-bug is optimum at pH-7.0; the proteolytic activity is very much reduced at low temperatures.

5. The gliadin obtained from grains damaged by wheatbug differs from such of normal grains in the lowered viscosity of alcoholic solutions, in lower specific rotation and in increased sulphur content.

6. The poor quality of flour and bread made from frost-damaged grain mainly results from the following biochemical features of such grain: its increased diastatic activity (especially of α-amylase) and the decreased amount and lessened stretching capacity of gluten detectable by means of alveographic measurements. Moreover, the acidity of frost-damaged grain is somewhat increased as compared to normal grain.

7. The biochemical properties of the grain can be improved by hot conditioning in a laboratory conditioner, as regards lowering of the diastatic activity of the flour, increasing the stretching capacity of gluten and improval of colour of the bread. The most favourable conditions involve moistening the grain to 16% and gradual warming to 40° during 40 minutes.

8. The quality of bread from frost-damaged grain is improved by addition of lactic acid or of cultures of lactic acid microbs owing to their inhibiting action upon α-amylase.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук
Classe des sciences biologiques

Н. И. СОСЕДОВ, В. А. ШВЕЦОВА, А. Б. ВАКАР и З. Б. ДРОЗДОВА

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ПШЕНИЦЫ

(*Представлено академиком* А. Н. Бахом)

Возможность одновременного улучшения мукомольных и хлебопекарных качеств пшеницы непосредственно в процессе подготовки зерна к помолу, путем применения так называемого холодного или горячего кондиционирования, издавна привлекала к себе широкое внимание работников мукомольной промышленности.

Между тем только в отношении улучшения мукомольных свойств этот вопрос можно считать разрешенным в положительном смысле, что же касается биохимических и хлебопекарных качеств, то он до настоящего времени продолжает вызывать большие разногласия.

Кроме Tague (1920), впервые пытавшегося установить наличие химических изменений в зерне при кондиционировании, в последние годы тем же вопросом занимались Ward (1936), Лосев (1937), Wild (1937) и Озолин с сотрудниками (1938).

В результате всех этих исследований были отмечены небольшие сдвиги в химическом и биохимическом составе зерна. В частности, эти изменения наблюдались в отношении качества клейковины, понижения диастатической активности, незначительного увеличения восстанавливающих сахаров, а также колебания в активной и титруемой кислотности и некоторые другие.

Наблюдаемые изменения были сравнительно незначительны, а кроме того, как справедливо отмечает Ritter (1938), до настоящего времени еще не было дано прямого доказательства влияния происшедших сдвигов в биохимическом составе зерна на хлебопекарные качества.

Вследствие этого целый ряд исследователей и в том числе, например, Swanson (1938) стал склоняться к мысли, что процесс кондиционирования вообще оказывает влияние преимущественно на изменение физических, а не биохимических свойств зерна.

Однако такое «физическое» толкование процесса кондиционирования нам казалось слишком односторонним потому, что увлажнение зерна и последующая длительная его отлежка, или, как это имеет место в случае горячего кондиционирования, дополнительное прогревание зерна, должны привести к значительному повышению жизнедеятельности зародыша и к общей активизации всех биохимических процессов в зерне.

Таким образом, с теоретической точки зрения очевидно, что процесс кондиционирования создает необходимые условия для начальной стадии прорастания зерна, и поэтому, как правильно указывает Козьмина (1938), ему должны быть присущи все характерные особенности этого процесса, а именно: повышение активности ферментов, накопление растворимых углеводов, изменение качества клейковины и т. д.

Нужно помнить, что благодаря сравнительно небольшому увлажнению зерна при кондиционировании нельзя, конечно, ожидать больших изменений в его биохимическом составе, но во всяком случае характер этих изменений должен быть таким же, как и при обычном прорастании зерна.

Вместе с тем нельзя не признать, что достаточного доказательства в пользу

наличия всех этих процессов при кондиционировании зерна до сего времени еще дано не было.

Учитывая это обстоятельство, мы, в целях получения более определенных результатов, сознательно подвергали исследуемые образцы зерна длительным режимам кондиционирования с тем, чтобы вызвать в них более резкие сдвиги в биохимическом составе зерна и проследить за влиянием этих изменений на хлебопекарные качества. При этом результаты кондиционирования могли, конечно, получиться как положительными, так и отрицательными. Но для нас в данном случае важно было установить лишь самый факт, что происшедшие изменения в составе зерна определенным образом повлияли на изменения его хлебопекарных качеств.

Подобного рода исследование, правда, в небольшом объеме, было проведено нами в 1937 г., однако оно ограничилось, главным образом, констатацией изменений в биохимическом составе зерна и не было связано с хлебопекарными данными. Эти недочеты нами были учтены и в настоящей работе восполнены. Исследование проводилось на 7 образцах озимой и яровой пшеницы урожая 1937—1938 гг., которые и подвергались холодному или горячему кондиционированию.

Холодное кондиционирование производилось путем замочки зерна до 16% и последующей отлежки его при температуре 18—20° С в продолжение 48 часов.

Горячее кондиционирование осуществлялось в специальном лабораторном кондиционере системы «МИАГ», который предварительно нагревался до требуемой температуры, и затем уже в него загружалось зерно, предварительно замоченное до 16.5—17%.

Кондиционирование проводилось при определенной температуре нагрева зерна и при непрерывном механическом перемешивании его в продолжение установленного времени.

По окончании опыта зерно подвергалось охлаждению посредством многократного пропуска через сепаратор, а затем отлежке перед помолом в продолжение 4—5 часов.

Размол зерна производился на мельнице Вольфа до выхода 70% муки, которая и поступала затем после 14-дневной отлежки на хлебопекарный анализ и одновременно в лабораторию физики муки для оценки физических качеств теста с помощью альвеографа.

Помимо этого, те же образцы зерна, поступающие на химический анализ, целиком (без отсева оболочек) размалывались на лабораторной мельнице Зекка, с пропуском продукта через сито № 24, после чего они немедленно анализировались.

Исследование биохимического состава зерна производилось по следующей методике. Сырая и сухая клейковина определялась стандартным методом. Удельное число набухания клейковины определялось по методу Берлинера, но со значительными видоизменениями, а именно:

2 г свежеотмытой сырой клейковины делилось на 20, по возможности, равных частей, после чего они помещались в колбу Эрленмейера, куда добавлялось 50 см³ N/50 молочной кислоты. Момент прибавления кислоты отмечался как начало опыта. После прибавления кислоты колба закрывалась резиновой пробкой и сильно встряхивалась, а затем помещалась в термостат при температуре 30° С на 2.5 часа.

По прошествии указанного времени содержимое колбы фильтровалось через воронку Бюхнера, а оставшаяся в воронке клейковина осторожно переносилась вместе с фильтром на предварительно тарированное часовое стекло и взвешивалась. При вычислении результатов вес мокрого фильтра вычитался.

Число набухания в нашем методе составляет количество жидкости, поглощенной 10 г сырой клейковины.

Фракция растворимых углеводов, как то: восстанавливающие сахара, фруктозиды и мальтозоподобные сахара, определялись по несколько упрощенной схеме проф. Кизель (1934). Содержание сахаров учитывалось по методу Бертрана.

а группа восстанавливающих сахаров, кроме того, еще и по методу Иссекутца.

Диастатическая активность определялась двумя способами: по методу Рамзай в модификации Института зерна [1] (1931) и по сильно видоизмененному нами методу Линтнера, который в дальнейшем будет для краткости называться «методом Соседова».

При определении диастатической активности в зерне от применения одного только метода Рамзай пришлось отказаться по тем соображениям, что его показания, как известно, в сильной степени зависят от повреждения крахмальных зерен при измельчении зерна на мельнице, а это могло бы исказить картину истинной активности фермента. Помимо этого, метод Рамзай обладает и еще целым рядом других недостатков, на которые было недавно обращено внимание Соседовым и Дроздовой (1936).

Введением нового метода для определения диастатической активности зерна мы стремились, поэтому, устранить один из главных недостатков метода Рамзай, а именно: зависимость от степени измельчения зерна. Детали этого метода следующие. Из средней пробы отвешивают 5 г муки и помещают в колбу Эрленмейера, куда затем добавляется 100 см³ воды, предварительно нагретой до 27° С. После тщательного взбалтывания колба помещается в водяную баню на 30 минут при температуре 27° С с частым взбалтыванием. По истечении указанного времени вытяжка фильтруется через сухой фильтр.

Основное определение

В мерную колбу на 200 см³ отмеривается 50 см³ 2-процентного раствора крахмального клейстера, приготовленного из крахмала, предварительно отмытого из того же самого образца пшеницы. Отмытый крахмал освобождается от белков, а затем обезвоживается спиртом и эфиром с последующим высушиванием в вакуум-эксикаторе, как это рекомендуется Rask'ом и Alsberg'ом (1924).

После этого в колбу прибавляется 20 см³ буферной фосфатной смеси Соренсена (pH = 4.8), а затем 50 см³ воды и 25 см³ ферментной вытяжки. Колба помещается в водяную баню при температуре 27° на один час с частым взбалтыванием. По прошествии указанного времени производится осаждение белков раствором Барнштейна, чем одновременно достигается и прекращение действия фермента. Объем жидкости в колбе доводится водой до метки, и для лучшего осаждения белков колба помещается на 30 мин. в водяную баню, нагретую до 45° С, после чего жидкость фильтруется. В 20 см³ фильтрата определяется содержание мальтозы по методу Бертрана.

Контрольное определение

Для прекращения действия диастаза к 25 см³ ферментной вытяжки, находящейся в мерной колбе, прибавляется 25 см³ 96° спирта, после чего колба немедленно помещается в кипящую водяную баню и выдерживается в ней до удаления паров спирта. В дальнейшем поступают так же, как и с основным определением. Активность диастаза выражается в миллиграммах мальтозы на 10 г муки.

Определение каталазы в зерне производилось по методу Эйнгорна и Рыжкова (1927), а активная кислотность — потенциометрически.

Помимо этого производилось определение содержания общего и белкового азота, а также фракций белков по методу Ассоциации американских химиков зерна, однако, в виду того, что полученные результаты не показали каких-либо заметных изменений в зерне при кондиционировании, эти данные в табл. 1 не приводятся.

Из представленных в табл. 1 данных видно, что в отношении содержания клейковины наблюдаются значительные колебания, очевидно, вследствие трудности отмывания последней из грубосмолотого зерна. Однако чаще всего в кондиционированных образцах сырой клейковины содержится несколько меньше, чем в контрольных, что, в свою очередь, отражается и на ее гидратационной способности.

Биохимические и хлебопекарные изме

№ образцов	Наименование сорта пшеницы	Условия кондиционирования	Стекловидн., в процентах	Влажность зерна	Клейковина			pH	Растворимые углеводы			
					сырая	сухая	число набухания		восстанавливающие		Фруктозиды, в процентах	Мальтозоподобные, в процентах
									по Бертрану, в процентах	по Иссекутцу, в мг		
29	Крымка	Контр.	31.6	12.0	18.40	6.24	12.80	6.31	0.18	43.64	3.01	1.27
		Хол. конд. 48 ч.	31.6	16.5	19.04	6.08	15.10	6.48	0.23	44.73	2.75	0.79
59	Лютесценс	Контр.	45.6	11.1	34.62	11.4	23.00	6.79	0.06	31.14	2.29	0.86
		Хол. конд. 46 ч.	45.6	15.2	33.62	11.2	22.10	6.46	0.31	52.18	2.17	1.12
36	Крымка	Контр.	55.6	11.5	29.20	9.60	14.7	6.88	0.18	44.52	2.45	1.23
		Хол. конд. 45 ч.	55.6	15.9	28.60	9.76	11.0	6.53	0.22	49.10	2.26	1.01
28	Новокрымка	Контр.	6.50	11.5	19.44	6.60	13.6	6.32	0.20	34.12	2.88	1.38
		Гор. конд. 55°45′	6.50	15.3	18.80	6.32	12.8	6.53	0.26	41.06	2.73	1.40
94	Цезиум	Контр.	97.0	12.7	39.70	12.7	22.6	6.64	0.25	41.93	3.33	1.37
		Гор. конд. 55°35′	97.0	14.4	38.10	12.7	22.0	6.35	0.26	45.67	3.26	1.26
35	Гостианум	Контр.	58.9	11.5	33.90	10.7	16.6	6.23	0.20	34.46	2.60	1.12
		Гор. конд. 50°40′	58.9	15.8	32.48	11.1	17.2	6.59	0.22	41.30	2.53	1.07
25	Кооператорка	Контр.	54.6	11.7	21.56	7.12	12.3	6.36	0.21	47.28	3.26	1.12
		Гор. конд. 45°40′	54.6	15.0	20.24	6.68	15.7	6.53	0.22	48.76	3.11	1.30

Значительно более интересные результаты получились в отношении изменения качества клейковины, определяемого числом набухания клейковины. Как правило, вместе с понижением величины pH уменьшается и число набухания клейковины, и, наоборот, с повышением pH набухание увеличивается.

Почти во всех случаях, где в результате кондиционирования заметно изменилось число набухания клейковины, наблюдается и довольно резкое изменение (в ту или иную сторону) физических свойств теста, определяемых с помощью альвеографа, а также и хлебопекарных качеств.

Так, например, в кондиционированных образцах пшеницы № 28, 29, 35, 36 и 94 одновременно с изменением числа набухания клейковины в том же направлении изменяется и растяжимость теста «*G*», определяемая альвеографом, тогда как упругость «*P*», по данным того же прибора, изменяется в противоположном направлении.

Параллельно с изменением физических свойств теста наблюдается изменение и хлебопекарных качеств. При этом интересно отметить, что если под влиянием кондиционирования увеличивается объемный выход хлеба, то величина «*W*» (удельная работа, в эргах) заметно возрастает (образцы 29 и 94, фиг. 1, 2), а при уменьшении объема хлеба эта величина понижается.

Полученными данными не вполне подтверждается отмеченное в литературе общее правило, что только горячее кондиционирование может уплотнять слабую клейковину и что, наоборот, холодное кондиционирование всегда несколько

Таблица 1

шения в зерне при кондиционировании

Диастатич. актив. по Рамзай	Диастатич. актив. по Соседову	Каталаза в см³ п/10 КМ nO_4	Показания альвеографа: упругость P	Показания альвеографа: растяжимость G	Показания альвеографа: удельн. работа W, в эрг.	Хлебопекарные качества: H/d	Хлебопекарные качества: Объемный выход хлеба	Хлебопекарные качества: Характеристика пористости	Хлебопекарные качества: Качество мякиша
282.8	503.9	27.7	118	14.7	172	0.30	372	Неравномерная, утолщенные стенки	Эластичный, упругий
135.3	546	29.6	75.5	21.6	209	0.36	390	То же	Уплотненный
222.1	705.8	39.0	53.0	24.9	173	0.41	387	Мелкая, неравномерная	Довольно пышный
202.3	724.2	—	52.0	26.1	173	0.39	393	Тонкостенная, равномерная	При надавливании мнущийся
218.9	541.3	26.7	72.7	22.0	219	0.38	366	Неравномерная	Эластичный, упругий
147.2	542.3	28.4	124.0	15.7	212	0.33	303	Равномерная	То же
226.3	531.8	27.2	73.0	24.8	261	0.37	384	Мелкая, равномерная	»
152.0	621.6	28.7	91.1	16.5	170	0.37	354	Мелкая, неравномерная	»
204.1	611.8	38.9	99.3	20.3	254	0.42	374	Мелкая и довольно равномерная	»
173.0	624.0	38.5	125.9	19.0	313	0.48	408	Тонкостенная, мелкая, равномерная	»
146.8	530.0	27.4	90.6	24.6	297	0.38	410	Мелкая, равномерная	»
137.1	573.2	28.5	84.4	25.5	283	0.38	324	Равномерная	»
251.9	531.6	27.4	97.0	16.6	172	0.32	399	Мелкая, равномерная	Сильно упругий
168.9	588.1	28.8	87.5	18.8	162	0.46	384	То же	Эластичный

ослабляет крепкую короткорвущуюся клейковину. На примере альвеограмм образцов № 25 и 36 можно видеть и обратную картину.

Перейдем теперь к рассмотрению изменений в углеводной части и активности ферментов.

Под влиянием процесса кондиционирования незначительно возрастает содержание в зерне восстанавливающих сахаров, отмеченное ранее Лосевым и Озолиным. При определении сахаров по методу Бертрана, это увеличение крайне мало и можно было бы думать, что наблюдаемые изменения вообще лежат в пределах погрешности анализа. Однако данные, полученные по более чувствительному методу Иссекутца, убеждают нас в правильности этих наблюдений.

Содержание фруктозидов в кондиционированных образцах незначительно падает, чем, повидимому, частично объясняется увеличение фракций восстанавливающих сахаров. Мальтозоподобные сахара изменяются незакономерно.

Данные по диастатической активности, определяемой методом Рамзай, указывают на значительное понижение активности фермента под влиянием как горячего, так и холодного кондиционирования.

Аналогичные результаты были получены и вышеупомянутыми авторами, а также в более ранних работах Kent-Jones (1927), Loeb (1930) и др.

Между тем, по мере увлажнения зерна, особенно при одновременном его прогревании, неизбежно должна была бы усилиться в зерне активность ферментов. Поэтому с первого взгляда совершенно непонятно, в силу каких же причин

наступает значительное понижение диастатической активности зерна под влиянием процесса кондиционирования, в то время как на самом деле она должна была бы возрастать. Ответ на этот вопрос можно дать следующий.

Выше уже указывалось на отдельные недостатки метода Рамзай и особенно на большую зависимость получаемых при этом результатов от степени повреждения крахмала в процессе перемола зерна различной влажности, что и должно иметь место в данном случае.

Фиг. 1. Изменение хлебопекарных качеств теста: Образец № 29 Крымка урожая 1938 г. Крымская АССР

a
$P = 118$
$G = 14.7$
$W = 172 \times 10^3$ эрг.
a = контроль;
b
$P = 75.5$
$G = 2.6$
$W = 209 \times 10^3$ эрг.
b — холодное кондиционирование

Фиг. 2. Изменение хлебопекарных качеств теста: Образец № 94 Цезиум 0111; Челябинская область

a
$P = 99.3$
$G = 20.3$
$W = 253.7 \times 10^3$ эрг;
a) контроль
b
$P = 125$
$G = 19$
$W = 313 \times 10^3$ эрг.
b — горячее кондиционирование

Опытами Alsberg'a и Griffing'a (1925), а также ряда других авторов установлено, что вместе с ростом количества механически поврежденных крахмальных зерен увеличивается и диастатическая активность. Следовательно, в нашем случае при размоле контрольных образцов зерна, имеющих влажность около 12—13%, количество поврежденных при этом крахмальных зерен должно быть больше, чем в случае размола кондиционированного зерна с влажностью 15—16%*. Отсюда и диастатическая активность должна получаться выше не у кондиционированных, а у контрольных образцов, где содержится больше поврежденного крахмала, легко доступного действию фермента. Диастаз же в кондиционированных образцах оказывается в менее благоприятных условиях в отношении крахмала и поэтому его активность, определяемая по методу Рамзай, становится меньше.

При устранении же фактора резистентности крахмала (пользуясь нашим методом определения диастатической активности) получается совершенно обратная картина, как это можно видеть из данных той же таблицы (графа диастатической активности по методу Соседова).

Из представленных результатов видно, что во всех случаях диастатическая активность в зерне под влиянием кондиционирования заметно возрастает. Следовательно, достаточно было изменить методику определения активности диастаза, устранив искажающее влияние фактора размола зерна, как истинная картина происшедшего сдвига ферментативной активности зерна стала совершенно очевидной.

Таким образом, «резистентность» крахмала, повидимому, проще всего объясняется с точки зрения Hanson'a и Katz'a (1934) различной скоростью

* Это положение, как указывает Ritter (l. c.), подтверждается прямым определением количества поврежденных зерен крахмала путем окрашивания их раствором конго-рот.

действия диастаза на крахмал с поврежденным или неповрежденным амилопластом, а именно: при неповрежденном крахмале диастаз, даже при большой своей активности, будет действовать медленнее, чем при наличии крахмальных зерен с поврежденным амилопластом.

Переходя теперь к данным по каталазе можно отметить, что активность ее немного возрастает как при холодном, так и при горячем кондиционировании, при условии, если температура нагрева зерна в последнем случае не превышает 50° С. Выше же этой температуры ее активность несколько понижается.

Таким образом, резюмируя, можно сказать, что при кондиционировании пшеницы наблюдается заметное изменение активной кислотности, а равно и качества клейковины, определяемого числом набухания. Одновременно с этим в ряде случаев при более резком режиме кондиционирования, наряду с изменением числа набухания клейковины, наблюдается и резкое изменение физических свойств теста, а также и хлебопекарных качеств. Помимо этого, необходимо отметить определенное увеличение при кондиционировании количества восстанавливающих сахаров в зерне, а из ферментов — активности диастаза и каталазы. Повидимому, все эти факторы, вместе взятые, и оказывают свое влияние на изменение хлебопекарных качеств пшеницы при ее кондиционировании.

Биохимическая лаборатория.
Всесоюзный научно-исследовательский
институт зерна.

Поступило
14 IV 1939

ЛИТЕРАТУРА

1 Инструкция по определению диастатической активности, ВНИИЗ, 1931.
2 Кизель А. Р., Практикум по биохимии растений, 1934.
3 Козьмина Н. П. и Кретович В. Л., Химия зерна и продуктов его переработки, 1938.
4 Лосев Н. А., Сборник НИТО «Зерно», стр. 104—132, 1937.
5 Озолин Н., Дмитриев Б. и Демковский П. Мука из зерна кондиционированных пшениц Кооператорка и Украинка, Госторгиздат, 1938.
6 Соседов Н. и Дроздова З., Биохимия, т. 1, вып. 3, стр. 390, 1936.
7 Эйнгорн и Рыжков, Пищевая промышленность, № 9—10, 1927.
8 Alsberg C. and Griffing, Cereal Chemistry, v. 2, № 6, p. 325—344, 1925.
9 Hanson E. u. J. Katz, Zeitschr. f. physik. Chem., Abt. A., 168, 339, 1934.
10 Kent-Jones D., Modern Cereal Chemistry, 1927.
11 Loeb J., Etudes des phenomenes diastatiques dans les farines de froment, 1930.
12 Rask O. and C. Alsberg, Cereal Chem., v. 1, № 1, p. 7—26, 1924.
13 Ritter, Das Mühlenlaboratorium, Bd. 8, H. 6, S. 73—87, 1938.
14 Swanson C., Wheat and Flour Quality. Burgess Publish. Co., 1938.
15 Tague E., Journal of Agricult. Research., v. 20, № 4, p. 271, 1920.
16 Ward H., Milling, v. 86, № 15, p. 407, 1936.
17 Wild P., Die Mühle, Bd. 74, H. 7, S. 182—183, 1937.

N. I. SOSSJEDOW, V. A. SHVETSOVA, A. B. VAKAR and Z. B. DROZDOVA

BIOCHEMICAL PROCESSES IN WHEAT CONDITIONING

SUMMARY

The study of biochemical alterations occurring in wheat when conditioned was carried on with seven lots of various sorts of wheat which were submmited to both cold and hot conditioning. While so operating distinct changes in the active acidity and also in the quality of the gluten as determined by the swelling number were observed.

At the same time when more active régimes of conditioning were resorted to along with the variation in the swelling number of gluten more distinct changes in the physical properties of dough, as well as in its baking qualities, were ascertained.

Moreover in hot or cold conditioned wheat a marked increase in the amount of reducing sugar, as also a greater activity of diastase and catalase have been observed.

In the writers' opinion these changes in their totality exert their influence as observed on the baking qualities of wheat when conditioned.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

М. И. КНЯГИНИЧЕВ

БЕЛОК В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦ СОВЕТСКОГО СОЮЗА

(*Представлено академиком* А. Н. Бахом)

Среди многих признаков, определяющих хлебопекарную способность пшениц, содержание белка и его качество нужно признать основными ([8]). До сих пор в Канаде ежегодно в период уборки пшениц проводятся десятки тысяч анализов на белок. Значение количества белка особенно резко проявляется при прибавлении бромновато-кислого калия (бромата) при проведении лабораторных выпечек из муки мягких пшениц (Larmour, 1930). Твердые пшеницы реагируют на бромат в подавляющем числе случаев значительно слабее. Следует также отметить, что содержание белка очень тесно связано с содержанием клейковины, и коэффициент корреляции между этими признаками выражается величиной около единицы (Цин, Zinn, 1923). Поэтому, естественно, в странах, производящих зерно пшеницы, уделяется большое внимание содержанию в нем белка.

В Советском Союзе наиболее систематическим исследованием является работа Н. Н. Иванова (1928—1929), в которой сведены результаты анализа на белок 33 образцов пшениц по различным районам Союза. Эти данные легли в основу первой белковой карты советских пшениц.

Материалом для этой карты служило зерно различных видов пшениц, собранное с малых (1 м^2) делянок, засеянных ручным способом, поэтому белковистость зерна неизбежно должна отличаться от белковистости зерна, собранного с больших площадей, засеянных хозяйственным способом (Княгиничев, 1937). Кроме того, эта белковая карта дает представление лишь о среднем содержании белка в пшеницах без подразделения их на основные группы.

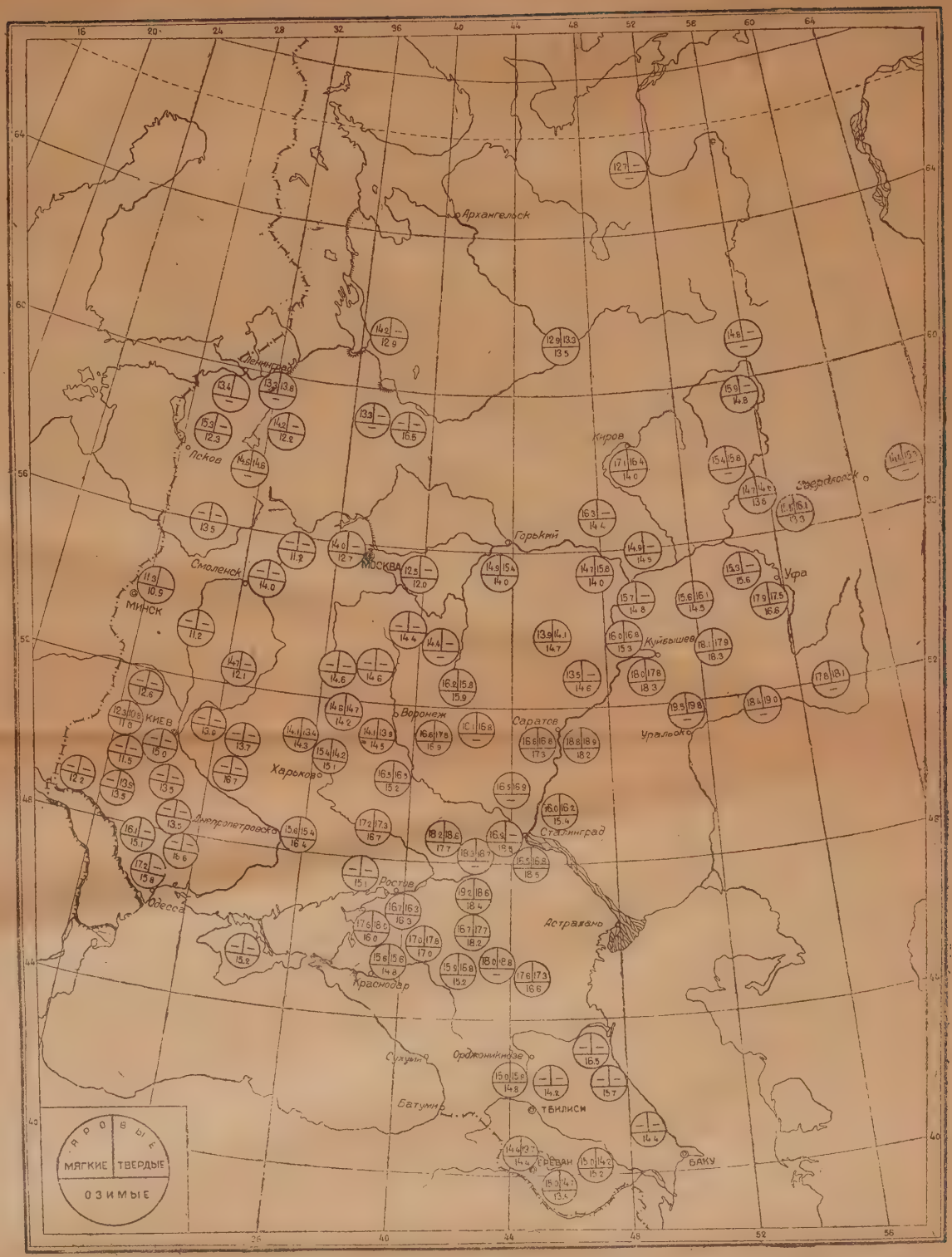
В настоящей работе подведены итоги исследований на белок зерна сортовых пшениц, производившихся в ВИРе в течение многих лет. Эти данные позволяют впервые составить белковые карты для трех основных групп пшениц: яровые мягкие (вульгаре), яровые твердые (дурум) и озимые мягкие по всем основным районам и областям Союза. Каждая средняя цифра в большинстве случаев, особенно по основным пшеничным районам, выведена по каждому участку из большого числа селекционных сортов (до 40), высевавшихся в течение 6—11 лет. По нечерноземной полосе Союза средние цифры выведены по меньшему числу сортов и за меньшее число лет. Набор селекционных сортов по отдельным годам и участкам хотя и изменялся, вследствие выбраковывания по разным причинам, но это обстоятельство, как будет показано ниже, сказалось весьма незначительно на средних цифрах. Кроме того, основные сорта, как правило, систематически высевались ежегодно. Посев сортов производился хозяйственным способом на больших стометровых делянках с шестикратной повторностью. Единообразие методики дает надежную сравнимость цифр.

Коэффициент пересчета азота на белок был принят 5.7.

Детальные обоснования каждой цифры имеются в более полной нашей работе (1939). Отметим лишь основные закономерности в изменчивости белка.

Данные (фиг. 1) карты подтверждают ([1], [4], [6]), что содержание белка в пшеницах на севере ниже, чем на юге. Это свойственно как яровым, так и озимым пшеницам.

Сравнение белковистости зерна яровых мягких и твердых пшениц показывает, что они содержат практически одинаковое количество белка. Так, про-



Фиг. 1. Белковая карта яровых мягких и твердых и озимых мягких пшениц по Европейской части Союза ССР

сматривая белковистость зерна этих пшениц в направлении с запада на восток, можно видеть, что с Артемовского участка мягкие содержат в зерне 17.2% белка, а твердые — 17.3%; с Ольховатского участка соответственно 16.5% и 16.5%; с Балашевского участка — 16.1% и 16.8%; с Саратовского участка — 16.6% и 16.8%; с Безенчукского участка (у гор. Куйбышева) — 18.0% и 17.8%; с Бузулукского участка 18.1% и 17.9% и т. д.

Таким образом, общепринятое мнение, что твердые пшеницы содержат больший процент белка, чем мягкие, не подтверждается экспериментальными данными. Как группа мягких, так и группа твердых пшениц, в зависимости от района произрастания, продуцируют зерно с небольшими колебаниями по белковистости, а в среднем нужно считать, что они содержат практически одинаковый процент белка.

Обращаясь к изменчивости белка в зерне озимых пшениц, можно видеть, что в зависимости, главным образом, от климатических условий в период созревания зерна, они содержат меньший или больший процент по сравнению с яровыми. Так, почти все правобережье Днепра продуцирует зерно озимых пшениц с меньшим на 1—2% содержанием белка по сравнению с яровыми. При переходе же к районам с меньшим количеством осадков в весенне-летний период, эта разница становится меньше (около 1%, например, Артемовский участок). На востоке же, где озимые пшеницы вызревают в самые жаркие месяцы — конец июля и начало августа — содержание белка даже немного выше, чем у яровых, как это можно наблюдать по Саратовскому, Безенчукскому, Бузулукскому и другим участкам.

Аналогичная изменчивость содержания белка в зерне всех трех групп пшениц наблюдается и по Азиатской части Союза, как это видно из карты пшениц (фиг. 2).

Таблица 1

Средняя белковистость зерна яровых пшениц и площади посева 1935 г. по областям, краям и республикам Союза ССР

Республики, края и области	Процент от общей посевной площади под яров. пшеницами	Площади посева 1935 г., в тыс. га	Средний процент белка в зерне	Крайние колебания среднего процента белка в зерне яровых пшениц по отдельным годам урожая
По всему Союзу ССР	100.0	24599.0	—	—
Оренбургская область	6.4	1546.2	18.3	15.1—22.0
Ростовская область	5.5	1348.4	17.7	13.6—21.9
Краснодарский край			17.3	15.4—22.7
Алтайский край	13.8	3402.1	17.7	16.7—19.6
Новосибирская область			16.7	14.9—19.3
Казахская ССР	11.2	2784.8	17.2	13.3 *—20.9
Донецкая область (УССР)	1.7	416.7	17.2	16.0—18.8
Башкирская АССР	4.0	983.8	17.0	12.3—19.9
Куйбышевская область	6.1	1495.1	17.0	15.1—20.0
Челябинская область	6.0	1473.2	16.8	11.0—19.7
Кировская область	1.0	241.8	16.7	14.6—18.0
Омская область	4.6	1126.2	16.6	14.1—19.1
Красноярский край	2.8	684.5	16.6	16.0—17.3
Узбекская ССР	2.3	568.6	15.6	12.9 *—17.7
Саратовская область	6.8	1675.4	16.4	14.1—19.1
Восточно-Сибирская область	2.0	484.4	16.4	14.3—18.8
Сталинградская область	6.0	1464.4	16.4	14.0—21.7
Татарская АССР	1.9	479.0	15.9	13.5—17.4
	82.1	20192.5	16.8	11.0—22.7

* Орошаемые участки.

Нужно отметить, что озимые пшеницы в Азиатской части Союза вследствие суровых зим возделываются на сравнительно небольших площадях. Только в южных областях Казахской ССР, в Узбекской ССР и некоторых других районах они имеют значительное распространение. В других же частях территории возделываются, главным образом, яровые пшеницы.

В заключение отметим, что для некоторых областей Союза число участков было невелико, а поэтому при более значительном числе их средние цифры белковистости могут несколько измениться, ибо известно, что пшеница весьма отзывчива на внешние условия среды (климат, агротехника и т. п.).

По полученным данным небезынтересно выяснить, с какой площади посева поступают пшеницы с высоким содержанием белка для нашей мукомольно-хлебопекарной промышленности. Для этого использованы данные по площадям посева ([5]) за 1935 год (табл. 1).

При подсчете среднего процента белка по районам Союза исключены: приполярная зона Новосибирской области (Парабельский уч.) как район малого распространения пшениц; западная часть Куйбышевской области, лежащая на правобережье Волги, где яровые пшеницы занимают меньшие площади, чем озимые (Кузнецкий уч.), и южная зона Краснодарского края (Краснодарский уч.) по той же причине.

Из табл. 1 видно, что среднее содержание белка хотя и сильно колеблется, но все же эти колебания локализированы в пределах высокой белковистости. Отметим, что по некоторым областям и республикам (Челябинская, Омская, Ростовская области и Башкирская ССР) только за один год наблюдался пониженный процент белка (11.0—14.6%). В остальные же годы белковистость зерна была не ниже 16.0%.

Аналогичная сводка данных приведена в табл. 2 для озимых пшениц.

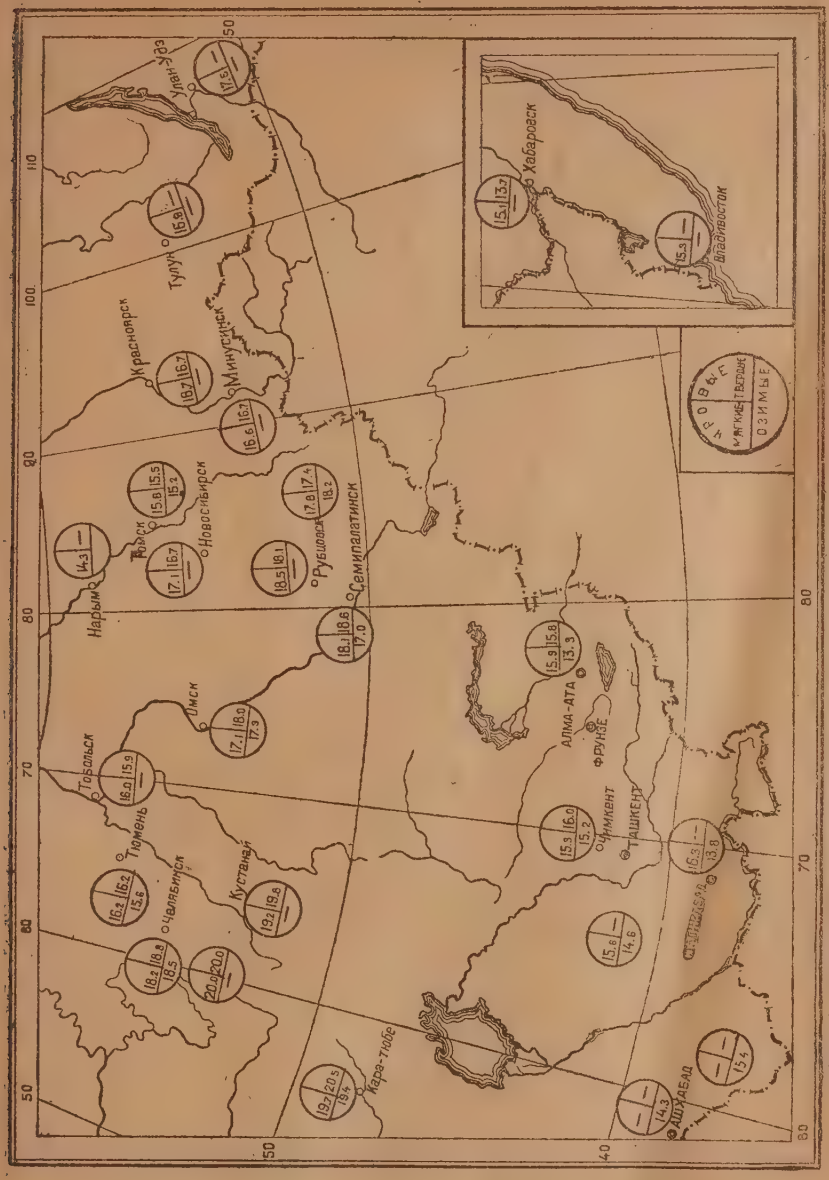
Таблица 2

Средняя белковистость зерна озимых пшениц

Республики, края и области	Средний процент белка в зерне	Крайние колебания среднего содержания белка в зерне по отдельным годам урожая
Ростовская область	17.4	14.6—19.6
Днепропетровская область	16.9	14.5—18.8
Одесская область	16.2	13.2—19.3
Донецкая область	15.9	13.1—17.5
Краснодарский край	15.9	12.6—19.6
Полтавская область	15.8	14.0—17.8
Воронежская область	15.5	12.2—20.6
Тамбовская область	15.3	13.3—18.3
Северо-Кавказский край	15.2	11.8—20.2
Крымская АССР	15.2	13.3—16.0
Молдавская АССР	15.1	13.7—15.6
Куйбышевская область	15.0	13.1—18.3
Харьковская область	14.7	11.9—16.0
Узбекская ССР	14.6	11.8 *—17.8
Азербайджанская ССР	14.4	12.7—15.4
Курская область	14.2	12.2—15.8
Киевская область	14.0	11.5—16.3
Московская область	13.9	11.7—15.2
Черниговская область	13.5	11.7—15.3
Орловская область	13.4	16.0—16.9
Винницкая область	13.0	9.6—15.3

В табл. 2 не приведены площади посева, так как в связи с новым административным делением это сделать затруднительно. Укажем лишь, что по при-

* Среднее содержание белка относится к зерну с поливных участков.



Фиг. 2. Белковая карта яровых мягких и твердых и озимых пшениц по Азиатской части Союза ССР

веденным областям площади посева озимых пшениц составляют более 90% всех пшеничных площадей.

Приведенные две таблицы позволяют сделать вывод, что наша мукомольно-хлебопекарная промышленность располагает исключительно высококачественной пшеницей по содержанию белка.

Небезынтересно проследить, как сильно может быть изменен средний процент белка в зависимости от различных сортов по этому признаку в пределах участка. Для этого приведем в табл. 3 часть имеющихся данных.

Таблица 3

Отклонение среднего содержания белка в зерне отдельных сортов озимых пшениц от средней по группе сортов (Краснодарский уч.)

Сорта	Содержание белка по годам, в процентах							Средний процент белка по отдельным сортам
	1927	1928	1929	1930	1931	1933	1934	
Земка	16.6	14.0	16.0	15.6	17.0	14.1	18.1	15.9
Канред	15.1	14.3	—	16.1	16.5	13.7	16.8	15.4
Эритроспермум 0364	15.0	13.4	17.9	15.5	—	12.4	17.4	15.3
Украинка	15.4	12.0	16.4	—	17.0	11.8	16.8	15.1
Гостианум 0237	15.4	13.3	15.9	15.1	15.8	12.1	—	14.6
Кооператорка	15.4	12.8	15.3	14.8	—	11.6	15.5	14.2
Среднее из группы сортов	15.5	13.5	16.3	15.4	16.6	12.6	16.9	15.2

Из табл. 3 видно, что различие между крайними сортами (Земка и Кооператорка) по средним за 6—7 лет испытаниям равно 1.7% (15.9% и 14.2%), а отклонение от среднего содержания белка для группы сортов за этот же период составляет для сорта Земка +0.7%, а для Кооператорки — 1.0%. Отклонений на большую величину, чем приведенная, мы не наблюдали как по другим участкам, так и по группе яровых пшениц, вследствие чего мы не приводим большего числа данных.

Таким образом, средняя многолетняя белковистость зерна по группе сортов отличается незначительно от средней многолетней по отдельным сортам, тогда как по отдельным годам различия между этими величинами значительно сильнее.

Содержание белка в пшеницах в ближайшие годы может измениться в сторону увеличения белковистости зерна. Введение повышенной агротехники, различной для отдельных областей и районов, как внесение удобрений, снегозащита, введение клеверных севооборотов и т. п., — все это должно способствовать дальнейшему повышению качества пшеницы. Приведем лишь две таблицы по влиянию агротехники на содержание белка в пшенице.

В табл. 4 приведены данные содержания белка в пшеницах по удобренному и неудобренному участкам (Ленинградский уч.).

Таблица 4

Влияние удобрений на содержание белка в зерне пшениц

Сорта	Без удобрения	Полное удобрение
Цезиум 0111	14.03	17.90
Гарнет	14.59	16.19
Лютесценс 062	14.48	16.13
Тулун 3 А/32	13.85	14.14
Среднее	14.25	16.09

По полному удобрению содержание белка доходит в среднем по 4 сортам до 16.09%, т. е. белковистость зерна пшеницы становится близкой к пшенице из Ростова на Дону (16.3%).

В табл. 5 показано влияние паров на содержание белка в пшеницах.

Таблица 5

Влияние паров на содержание белка в зерне пшениц

Участки	Сорт	Содержание белка		
		чистый пар	кукурузный пар	стерня
Одесский	Украинка	14.7	11.7	—
	Гостианум 0237	15.6	10.6	—
	Среднее	15.2	11.2	—
Авангардовский	Украинка	15.9	—	14.2
	Гостианум 0237	15.5	—	13.9
	Ферругинеум 01239	16.6	—	18.6
	Среднее	16.0	—	13.9

Из табл. 5 видно, что элементарная агротехника, например, наличие чистого пара, способна повысить содержание белка с 11.2% до 15.2%.

Приведенные данные позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Содержание белка в зерне пшениц по отдельным районам Союза зависит как от внешних условий (климат, агротехника и др.), так и от сорта. Среднее содержание белка в зерне яровых (вульгаре) и твердых (дурум) пшениц в центральных, южных и восточных частях Советского Союза практически одинаковое. В северной, западной и дальневосточной частях Союза мягкие (вульгаре) пшеницы содержат больший процент белка, чем твердые (дурум). Озимые пшеницы по большинству районов Союза содержат меньший процент белка (в среднем, около 1%), но в очень засушливых зонах юго-востока и Сибири они содержат более высокий или одинаковый процент белка.

2. Наблюдается относительно небольшое (около 1%) отклонение средней многолетней белковистости зерна сортов от средней белковистости, подсчитанной для всех сортов, высевавшихся на участке. Разница по отдельным годам урожая между сортами по содержанию белка значительно большая, чем между многолетними средними.

3. Повышение агрикультурного уровня нашего сельского хозяйства (удобрения, травопольные севообороты, черные пары и т. д.) в значительной степени увеличивает содержание белка в зерне пшениц. Путем введения надлежащей агротехники возможно получить зерно пшениц в нечерноземной полосе Союза со столь же высоким содержанием белка, как и в черноземной полосе Союза.

Биохимическая лаборатория.
Всесоюзный институт растениеводства.

Поступило
14 IV 1939.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Иванов Н. Н., Труды по прикл. бот., ген. и селекции, 21 (4): 47, 1928—1929.
[2] Княгиничев М. И., Соц. растениеводство, 21 : 5, 1937.
[3] Княгиничев М. И., Известия Томск. мук.-элев. ин-та, 4, вып. 2, 1939.
[4] Лясковский Н. О., О химическом составе пшеничного зерна, Москва, 1865.
[5] Посевные площади 1935 г. План 10 : 33, 1936.
[6] Фляксбергер К. А., Соц. растениеводство, 2 : 15, 1932.
[7] Larmour R. K., Cer. Chemistry 8 (3), 179, 1930; Sci. Agr. 9 : 477, 1930 и 10: 1, 1930.
[8] Minutes of the twenty-first annual meeting of the American Association of Cereal Chemistry, Cer. Chem. 12: 419 (1935); Cer. Chem. 13 : 477, 1936; Blish M., and Sandsted R., Cer. Chem., 12 : 653, 1935 и др.
[9] Zinn J., Agr. Res., 23 : 529, 1923.

M. J. KNYAGINICHEV. PROTEIN CONTENT OF WHEATS OF THE SOVIET UNION

SUMMARY

1. The protein content of wheats from different regions of the Union depends both on external conditions (climate, methods of cultivation, etc.) and on the variety. The average protein content of spring (*vulgare*) and durum wheats in the central, southern, and eastern parts of the European section of the Soviet Union is practically the same. In the northern, western, and far eastern parts of the U.S.S.R. soft (*vulgare*) wheats contain a larger percentage of protein than durum wheats. Winter wheats in most regions of the Soviet Union contain a smaller percentage of protein (on the average, about 1% smaller), but in very arid zones of the southeast and Siberia they contain a higher (or at least as high) percentage of protein.

2. There is observed a relatively small (about 1%) difference between the average (over a long period of years) protein content of varieties and the average protein content for all varieties sown in the experimental plots. The differences, in any one year, between varieties as regards their protein content is considerably greater than between the manyyear averages.

3. Better methods of cultivation (fertilization, crop rotation, bare fallowing, etc.) tend to increase considerably the protein content of wheat. By adopting the proper methods of cultivation, it should be possible to produce wheat in the non-chernozem zone of the Soviet Union with as high a protein content as that of wheat produced in the chernozem zone.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

Н. Н. ИВАНОВ

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ

Мы наблюдаем в Союзе большой рост пивоварения. В частности, например, к концу третьего пятилетия оно должно достичь 140 млн. декалитров, т. е. дать повышение на 40%, сравнительно с 1938 г.

Этот мощный рост будет происходить на базе постройки новых пивоваренных заводов и вовлечения в производство большого количества высококачественного пивоваренного ячменя. Встает вопрос, обеспечены ли мы первоклассным ячменем и что надо сделать по научно-исследовательской линии для того, чтобы улучшить эти качества ячменя.

Следует указать, что ячменным сырьем Союз вполне обеспечен. Мы имеем для ячменя значительный рост посевных площадей, превысивших в 1934 г. уже 8 млн. га для ярового и 395 тыс. га для озимого ячменя.

По размерам площади под ячменем СССР занимают первое место среди других стран.

Исключительное разнообразие областей и районов, в которых в СССР производятся посевы ячменя, и связанное с ним многообразие климатических условий приводит к резким колебаниям и изменчивости химического состава зерна у этой культуры.

Для советских ячменей мы могли констатировать, в зависимости от сорта и происхождения, амплитуду изменчивости белка в зерне от 7 до 21%, а для голозерных даже 23.4%.

Зависимость химического состава ячменя от географического фактора

Ячмень в пивоваренной промышленности необходимо оценивать с точки зрения количества крахмала и экстракта.

В течение нескольких десятков лет удерживавшаяся точка зрения, согласно которой для целей пивоварения пригодны лишь ячмени с низким содержанием белка, должна быть решительно оставлена. Оценка по количеству белка, являясь односторонней, не может служить мерилом качества ячменя. Необходимо знать качество белка. Кроме того, известно, что вкус и запах пива, которые связываются с качеством ячменя и солода, зависят от продуктов распада белка, которые образуются при прорастании ячменного зерна. Эти вещества при сушке солода превращаются в продукты, ценимые в пивоварении. Ароматические и вкусовые вещества, совершенно еще не изученные химически, образуются в большем количестве именно в высокобелковых ячменях.

Всесоюзным институтом растениеводства проведена большая работа по выявлению районов наиболее ценных пивоваренных ячменей на материале Государственного сортоиспытания и географических опытах Н. И. Вавилова, произведенных в течение четырех лет (1923—1926). Этот большой материал Н. Н. Ивановым был обработан с биохимической стороны и описан в ряде статей и монографий (1935). На чистосортном материале удалось выявить районы низкобелковых ячменей. Оказалось, что северные и северо-западные районы СССР (Северо-Двинск — Котлас дал ячмень с 11.78% белка), БССР, западные области, юго-запад Украины (правобережье), а также горные районы Кавказа, из которых выявилось высокогорное (1450 м) Ленинаканское плато в Армении, дают низко-

белковый ячмень, который может удовлетворить всем требованиям даже западноевропейских пивоваров. Наши данные показали, что химический состав ячменя зависит от географического фактора и что в это понятие надо вкладывать сумму таких воздействий, как влага, солнечная радиация, состав почвы и время сева.

В результате многолетних испытаний мы имеем по наиболее интересующим пивовара показателям такие колебания в химическом составе наших ячменей: по содержанию белка 7.92% (Сочи) и 20.5% (Саратов), в крахмале 45.21% (Саратов) и 62% (Сочи) и в экстракте 67.8% (Саратов) и 81.9% (Сочи).

Мы ставили также вопрос о качестве крахмала, белка и экстракта, получаемого из наших высоко- и низкобелковых ячменей. Мы сравнивали под влиянием прибавленного извне диастаза скорость распада крахмала из краснокутского ячменя (содержащего 19.4% белка) и крахмала из ячменя Энгельгардтовской станции (содержащего 10.7%), и могли констатировать, что крахмал высокобелкового ячменя расщеплялся значительно быстрее крахмала низкобелкового ячменя. Такое же явление мы наблюдали и при распаде крахмала под влиянием диастаза, образовавшегося во время прорастания ячменя. Так, ячмень Минской болотной станции с 19.8% белка через 5 дней прорастания показал 47.0% распада крахмала, ячмень из Пскова с 10.9% белка дал в тех же условиях только 36.0%.

Кроме того, по данным Грюсса (1932), высокобелковые ячмени содержат большее количество мелких крахмальных зерен, которые вообще легче подвергаются диастатическому распаду. Эти результаты дали нам возможность утверждать, что высокобелковые ячмени солодуются сильнее, так как в них создаются более благоприятные соотношения между диастазом и крахмалом.

Мы испытали переваривание белка стекловидных высокобелковых ячменей и белка низкобелковых и могли констатировать, что белок высокобелковых ячменей во время солодования расщепляется так же хорошо, как и низкобелковых.

Варки пива, проведенные, по нашему предложению, инж. И. Н. Карповым на заводе «Красная Бавария» в Ленинграде, из чистосортных высокобелковых ячменей Винер и Золотой, полученных с Минской Болотной станции и содержавших от 17.07 до 18.3% белка, показали, что сусло хорошо осветлялось, вкус и аромат пива были хорошие (1929).

Аналогичные результаты были получены и в 1930 году.

Опыты с приготовлением пива из ячменей южных пунктов, содержащих белка от 17.2 до 20.1%, также дали удовлетворительные и хорошие результаты. Итак, высокобелковые ячмени способны давать хорошее пиво. Это же положение подтвердила Чукмасова (1938).

Отмечая, что высокобелковые ячмени могут дать хорошего качества пиво, мы, как и в прежних сообщениях, утверждаем, что наши данные отнюдь не являются пропагандой высокобелкового ячменя. Мы должны будем принимать все меры как агротехнические, так и по линии подбора сортов для того, чтобы иметь ячмень с пониженным составом белка, но мы должны с определенностью констатировать, что прежний взгляд, навязанный нам из-за рубежа, о низком пивоваренном качестве наших высокобелковых ячменей не был основан ни на теоретических, ни на практических данных.

Биохимические показатели созревания ячменя

Одним из важных качественных показателей пивоваренного ячменя является его зрелость: «Для пивоварения годен тот ячмень, который хорошо созрел» (Виндиш, 1927). Одним из самых чувствительных показателей состояния зрелости семян являются, как известно, ферменты. Среди работ, которые четко выявили эти показатели при созревании семян, следует указать на исследования А. Н. Баха, А. И. Опарина и Вернера (1923). Наши исследования (Н. Н. Иванов и М. И. Лишкевич, 1930) по содержанию ферментов в зернах ячменя северного и южного происхождения показали, что по ферментам — каталазе и амилазе — ячмени северных пунктов имеют более высокие показатели, чем южные; наи-

большие ферментативные показатели оказались у ячменя из Бакуриани — горного южного пункта.

Рассматривая эти показатели, которые не всегда повторяются с известной правильностью, мы могли сделать заключение, что в более северных пунктах ячмени не доходили до той стадии физиологической зрелости, как в южных. Однако ферментативные показатели не являются достаточно надежными признаками созревания зерна, так как они зависят также и от биологических свойств сорта, например, скороспелости.

Пункты посева ячменя	Сила ферментов в см³ н/10 $KMnO_4$	
	каталазы	амилазы
Москва	1.9	19.5
Харьков	1.0	14.9
Ташкент	0.8	9.5
Бакуриани (выс. 1820 м)	14.9	34.9

Одним из показателей созревания является содержание в ячменном зерне левулозанов (фруктозанов), на что было обращено внимание в работе Колена и Бельваля (1923).

Только что опубликованные работы Арчбольда (Archbold, 1938) вновь привлекают внимание биохимиков к судьбе превращения фруктозанов при созревании ячменя. Эта форма углеводов ячменного зерна и судьба ее при солодовании заслуживает особого внимания исследователей. По данным Арчбольда, на фруктозаны следует смотреть как на временную форму иммобилизации сахара; в его опытах при недостатке азота в стеблях и листьях почти в 10 раз возрастает количество фруктозанов.

Мы только что изучили поведение витаминов B_1, B_2, С и фермента, разрушающего витамин С-аскорбиназу в различных стадиях созревания ячменного зерна. Эта работа нашей лаборатории была проделана для того, чтобы по количеству указанных веществ судить о показателях стадии полной зрелости зерна. Данные по B_1 были получены И. К. Мурри, по B_2, по витамину С и аскорбиназе — К. Л. Поволоцкой.

Изменение содержания витаминов B_1, B_2 (флавина), С и аскорбиназы в процессе созревания ячменя:

Hordeum vulgare nutans-Princes

Стадии созревания	Вит. B_1 в гаммах на 1 г	Вит. B_2 в гаммах на 1 г	Вит. С мг на 1 г	Аскорбиназа в условных единицах
Молочная	1.34	1.15	84.9	18.4
Восковая	1.73	0.94	17.7	9.7
Полная	3.36	0.82	1.4	2.5

Количество B_2 (флавина) вит. С и активность аскорбиназы в зрелом зерне падают фактически до нуля, и только количество вит. B_1 увеличивается, достигая при полной зрелости максимума.

Количество провитамина А — каротина — также падает при созревании ячменя, по данным И. К. Мурри:

молочная	6.3	гаммы в 1 г
восковая	0.68	» 1 »
полная	0.40	» 1 »

Очень показательным моментом зрелости ячменя является состояние его белков. Общеизвестно, что по мере созревания происходит падение в зерне небелкового азота, но самым важным как в процессе созревания, так и в период послеуборочного дозревания и дальнейшего хранения следует считать накопление глютелина. Опыты Бишопа (1930) показали, что по мере созревания азот глютелина в 1000 зерен увеличился с 0.011 г до 0.23 г, во время последующего хранения в течение 20 месяцев наблюдалось дальнейшее увеличение его с 0.246 г до 0.290 г.

Следует отметить, что и при длительном хранении в течение ряда лет также происходит заметное увеличение глютелина. Такахаши и Шиканама (1930) наблюдали по годам такое увеличение этого белка в зернах ячменя.

Годы	1926	1927	1928	1929
Процент к общему белку	31.1	32.5	36.5	50.6

Эти показатели превращения при созревании связаны с перегруппировкой белковой молекулы в конце вегетационного периода и с увеличением ее аггрегата. Несомненно, что скрытые свойства качества белка ячменя, выявляемые при солодовании, связаны именно с аггрегацией молекул белка. Известно, что во влажные годы, когда задерживается дозревание ячменного зерна, чаще всего наблюдается и помутнение пива от присутствия азотистых веществ типа «глютена» Бекарт (Bekaert, 1926). В виду этого для познания пивоваренных качеств ячменя необходимо выяснить процессы аггрегации белка, происходящие в зерне ячменя ко времени уборки и в период послеуборочного дозревания. С увеличением высокомолекулярного белка наблюдается и прекращение периода покоя зерна, связанного увеличением энергии прорастания, что, конечно, представляется очень важным показателем пивоваренного ячменя.

Интересно, что, по данным Поволоцкой, снятый зрелым ячмень давал такие показатели всхожести зерна и содержания аскорбиназы.

Хранение в днях после уборки	Процент всхожести зерна	Сила аскорбиназы
5	75	2.2
20	88	1.2
60	98	0.6

Одним из показателей не только зрелости, но и полной всхожести зерен является падение аскорбиназы почти до нуля.

Вероятно, этот признак может быть использован как показатель всхожести семян.

Одним из основных требований к пивоваренному ячменю является его быстрое и равномерное прорастание. Не все сорта одинаково прорастают; особенно здесь сказываются условия, при которых происходило дозревание ячменя. Лучший ячмень с хорошей энергией прорастания получается после того, как он в поле дошел до той фазы созревания, когда уже значительно может быть сокращена стадия покоя, т. е. послеуборочного созревания. Ясно, что, сообразуясь с условиями дозревания, надо подбирать такие сорта ячменя, чтобы они скорее проходили все необходимые фазы дозревания и давали ячмень с хорошей энергией прорастания. В тех же случаях, когда условия года неблагоприятно отразились на процессе дозревания, надо суметь ускорить равномерное прорастание. Применяемое в этих условиях подсушивание материала оказывает помощь. Следует также подумать о применении в производственных условиях, для получения ровно и быстро прорастающих зерен, обработки их слабыми растворами перекиси водорода. В нашей лаборатории Е. С. Цветкова (1932) показала, что в ячменях с низкой всхожестью — 28%, после размачивания в 1% H_2O_2 энергия прорастания доходила до 74%. Вообще следует овладеть процессом ускорения прорастания ячменей, так как задержка в солодовании ведет к потере сухого веса и качества солода. Если бы мы получили способы дешево производить перекись водорода, то она могла бы быть с успехом использована для ускорения прорастания ячменя. Недавно Тунеус (Thunaeus, 1938) показал, что можно использовать перекись водорода и для диагностических целей — для определения конечной способности к прорастанию зерен ячменя.

Это обстоятельство является важным моментом, так как влажное и прохладное лето на севере часто приводит к снижению качества ячменя в отношении снижения энергии прорастания.

Физиологические и химические отличия ячменей

Неравномерность прорастания чистосортного ячменя связана с физиологической неравноценностью отдельных зерен, даже созревших в одном колосе. Зерна отличаются по величине, весу, содержанию азота и ферментативному аппарату. Практика пивоварения давно пришла к необходимости производить отбор крупных и мелких зерен ячменя, пользуясь системой сит, преследуя задачу — выделить зерна равномерно прорастающие и с высоким количеством экстракта. Физиологическое различие зерен у одного колоса связано с различием по времени оплодотворения зерен и с различием в быстроте налива зерен, благодаря их расположению в колосе и в колоске, а, следовательно, по сроку их созревания. Недавно в Биохимической лаборатории ВИРа М. Н. Княгиничевым был произведен анализ отдельных зерен у одних и тех же колосьев 2-рядных и 6-рядных ячменей. Выяснилось, что 2-рядные ячмени по всем зернам и в пределах колоса характеризуются практически одинаковым абсолютным содержанием азота во всех зернах, но процентный состав азота значительно различался и зависел от неодинакового налива зерен крахмалом. Так, сорт Винер дал в пределе колоса такие показатели изменчивости:

№ зерна, считая от основания колоса	Вес отдельных зерен, в мг	Содержание азота в зерне, в мг	Процент азота
3	49.8	0.835	1.68
4	51.2	0.800	1.56
13	50.6	0.890	1.78
14	52.0	0.868	1.67
25	39.6	0.826	2.09
26	38.0	0.800	2.10

Выясняется, что в 2-рядных ячменях, чем крупнее зерно, тем меньше в нем процент азота, что чем крупнее зерна, тем больше в них крахмала и тем больше получается из них экстракта при солодовании, но по всхожести, по содержанию в них диастаза зерна будут отличаться. Эти физиологические отличия по зернам выявляются гораздо сильнее у многорядных ячменей.

Недавно И. В. Якушкин (1938), ставя вопрос об улучшении пивоваренных качеств многоядерного ячменя, отметил, что у 4-рядного ячменя Паллидум лучшими оказались зерна средних рядов колоса, так как они приближались к 2-рядным по весу, а также по величине крахмальных зерен.

Итак, от пивоваренного ячменя требуется не только морфологическая, но также и физиологическая выравненность зерен. Здесь пивоваренная промышленность может четко сформулировать свои требования к селекционерам.

Выявляя наиболее ценные пивоваренные ячмени, мы должны научиться находить в них отличия не только по количественным, но также и по качественным химическим признакам. К сожалению, здесь мы имеем мало данных. Иногда количественные признаки превращаются в качественные; так, удается отличить 2-рядные от 6-рядных ячменей по соотношению белков гордеина к глютелину. Мы наблюдали, что у первых это соотношение равно 1.42 (42.7 : 30.0), а у вторых — 0.77 (29.6 : 38.2). Княгиничев наблюдал, что крахмалы ячменей отличаются по температуре клейстеризации; у яровых 53—54° С, а у озимых 42—49° С. Эндерс (Enders, 1938) пытается характеризовать различные сорта ячменя по фурфурогенной функции, зависящей от количества пентозанов и пектинов в оболочке и эндосперме ячменя. Но вообще тонких биохимических методов, которые отличали бы сорта ячменей друг от друга, мы почти не знаем. Здесь предстоит еще большая исследовательская работа. Качество белков ячменя в конце созревания мы связываем с перегруппировкой белковой молекулы в сторону получения более высоких аггрегатов. Может быть и не существует различий в химическом составе отдельных белков ячменного зерна, которые являются

лишь фракциями единого белка, отличающимися только по своему физико-химическому состоянию.

В зерне ячменя мы имеем обильно представленную углеводную фракцию, в состав которой в основном входит крахмал (до 62%), но которая имеет и ряд других соединений, до сих пор еще мало изученных как с количественной, так и с качественной стороны. Мы не знаем, является ли всегда низким количество левюлозанов (фруктозанов) в ячмене и не знаем, что делается с ними во время солодования. Присутствие же левюлозанов ухудшает качество экстракта ячменя, так как они плохо усваиваются дрожжами. Сложная группа гемицеллюлоз, которая по Лингу доходит до 12—15%, также является для дрожжей плохим питательным субстратом; в состав этой группы входят ксилан, арабан и уроновые кислоты. Эти соединения снижают ценность зерна, а количество их в сортовом разрезе не исследовалось. К углеводной фракции ячменя надо также отнести амиланы (O'Sullivan, 1882), которые являются причиной мути пива. Природа и условия образования амиланов недостаточно хорошо изучены; считают, что они появляются из крахмала под влиянием деятельности α-амилазы и плохо усваиваются дрожжами при брожении.

Недавно Пиратцкий и Виха (Piratzky и Wiecha, 1938) при частичном, 3-дневном солодовании ячменя получили сусло высокой вязкости, содержащее до 4 г на литр амилана, который не растворялся в холодной воде и осаждался спиртом. Молекула амилана состояла из 400 молекул глюкозы, на которую амилан распадался при гидролизе. Следует отметить, что при нормальном, более длительном проращивании, амилан не накапливался. Эти данные показывают, что необходимо контролировать полноту солодования, чтобы не встретиться с образованием амиланов. Можно считать, что и при неполном созревании зерна также накапливаются амиланы, переходящие затем в сусло и пиво.

Все эти пока отрывочные данные показывают, как важно усилить изучение углеводной фракции сортов советских пивоваренных ячменей. В борьбе за качество необходимо поставить задачу селекции ячменей также и с улучшенной углеводной фракцией.

Предсказание по ячменю о качестве солода и пива

Известно, что по количеству отдельных веществ ячменя еще не удается окончательно разрешить вопрос о том, какое получится из него пиво. Прежние определения бонитерами качества ячменя по характеру излома зерна — мучнистого или стекловидного, — конечно, носили только сугубо ориентировочный характер, так как это в целом еще и сейчас не разрешенная задача. Но в последнее время мы имеем ряд указаний, которые облегчают нашу задачу по выявлению высокоценного пивоваренного ячменя.

Как выше было сказано, количество белка не является показателем качества пива, которое связывается с количеством и качеством углеводной фракции ячменя, зрелостью, энергией прорастания и силой диастаза в солоде.

Остановимся на диастазном показателе ячменя. Одним из важных моментов при прорастании является развитие гидролитических ферментов и в первую очередь диастаза, при одновременной задержке окислительных процессов, так как с деятельностью последних связывается потеря сухого вещества. По диастазу ячменя, после его открытия 125 лет тому назад в Петербурге Киргофом (1814), написаны целые тома книг [см. сводку: Гессе (1)], но только в последнее время выяснилось, что можно по количеству амилазы ячменя предсказать количество амилазы солода. Возникло представление о скрытой (латентной) и свободной амилазе ячменного зерна. Давно Форд и Гётри (Ford and Guthrie, 1908) показали, что прибавление папаина к экстрактам ячменя увеличивает в них активность диастаза. В литературе идет большой спор по вопросу об увеличении количества диастаза при прорастании ячменя. Люэрс (1936) считает, что здесь имеет место синтез — новообразование амилазы. Вальдшмидт-Лейтц (1931) предполагает, что амилаза образуется под влиянием особой «амилокиназы», которая активирует β-амилазу. Вейденгеген (1933) показал, что амилокиназа как-то

активно защищает амилазу от действия задерживающих веществ. Хжонщ и Яницки (Chrząszcz i Janicki, 1933) объясняют накопление амилазы при прорастании солода тем, что с помощью элейтовеществ, в частности, пептона и хлористого натра, снимается действие веществ, задерживающих активность амилазы. Во время созревания зерна накапливается скрытая форма амилазы-систоамилаза. Опарин, Манская и Магарам (1933) иначе объясняют активирующее действие пептона, который, по их мнению, пептизирует амилазу, адсорбированную на нерастворимом белке. Еще прежде высказанная Синьевским мысль, что в зерне ячменя уже имеется готовая, но связанная амилаза и что процесс солодования ведет к переходу ее в активную форму, нашла подтверждение в опытах Мирбека, который дал способ определения свободной и связанной амилазы зерна ячменя.

Обрабатывая порошок ячменя папаином, Мирбек получил повышение амилазы на 200—300% и пришел к выводу, что как при действии папаина, так и во время прорастания ячменя, происходит активирование амилазы благодаря тому, что происходит нарушение связи между амилазой и белком. Скрытая (латентная) форма амилазы связана с высокомолекулярным белком, и ее переход в активное состояние происходит благодаря протеолитическому процессу. Хжонщ (1936), получив увеличение активности ячменной амилазы под влиянием сероводорода, считает, как и прежде, что этот процесс происходит благодаря освобождению активаторов амилазы.

Этот теоретический спор поставил и практический вопрос, можно ли по сумме амилазы ячменя, после обработки его папаином, судить о том количестве ее, которое образуется в проросшем солоде. Хилс и Бэйлей (1938) изучали в течение двух лет (1935 и 1936) на 8 сортах ячменя Миннесоты вопрос о переходе β-амилазы при прорастании и выяснили, что связанной амилазы в солоде почти нет, что отношение амилазы солода к сумме амилазы (активной и латентной) оказалось равным 1.25—1.28. Это дает возможность использовать β-амилазную активность ячменя после переваривания папаином для предсказания β-амилазной активности солодованного зерна. Таким образом, папаиновое переваривание является действительным средством, дающим возможность получить представление об амилазе солода, не подвергая ячмень проращиванию. К такому же выводу приходит Наумова (1938), изучавшая в Научно-исследовательской лаборатории пивоваренной промышленности амилазную активность советских ячменей после обработки их трипсином и сравнивавшая эту активность с активностью амилазы солода. Это обстоятельство является немаловажным для практики пивоварения. Дело в том, что в литературе имеются данные и в том числе наши (Н. Н. Иванов, 1935) о том, что высокобелковые ячмени содержат при прорастании большее количество амилазы, но указанное правило не всегда имеет место, как на это в последнее время указано Хжонщем и Мирбеком. По количеству белка ячменя не всегда можно судить о силе амилазы солода. Мирбек указывает, что в одном шведском богатом белком ячмене (Goldgerste) амилазы содержалось вдвое меньше, сравнительно с амилазой бедных белком ячменей.

Высокое и низкое содержание белка в ячмене в значительной мере связано с почвенными, климатическими и агротехническими условиями культуры. Но Мирбек (1938) утверждает, что ему удалось при наблюдении в течение 8 лет подтвердить, что при посеве в одном и том же пункте можно получить высоко и низкоамилазные сорта ячменей. Это подтверждают в своей работе Хилс и Бэйлей, у которых сорт Манчжурия показал большую активность сравнительно с сортом Глаброн.

Следовательно, такой важный признак, как высокое содержание амилазы, является генотипическим признаком сорта. Установление этого положения, против которого, правда, возражает Хжонщ (1938), позволяет выдвинуть перед растениеводами задачу — учитывать это обстоятельство при селекции ячменей и вести отбор форм, содержащих сильную амилазу. Но заботясь о повышении активности амилазы в зерне, как сортовом признаке, не следует забывать, что

количество амилазы в солоде может быть также значительно увеличено путем улучшения технологического процесса. Так, по Зиппелю (Sippel, 1938) сушка солода в вакууме дала активность амилазы — 200°, вместо обычной сушки, которая дала 90—130° по Линтнеру, т. е. наблюдалось увеличение амилазы вдвое.

Одним из важных показателей пивоваренного ячменя является количество экстракта, который получается из солода. Этот процесс в настоящее время упрощен. Количество экстракта получается, по Павловскому, из порошка ячменя после обработки его амилазой; при этом выяснилось, что экстракт из ячменя мало отличается от количества экстракта из солода, получаемого из этого же ячменя. Хотя этот метод механизирован, но он кропотлив. В виду этого А. И. Степанов искал численных соотношений между количеством крахмала ячменя, легко определяемого, по Линтнеру, поляриметрическим путем, и количеством экстракта. По его данным выходило, что обычно для перевода на экстракт приходится помножать количество крахмала на коэффициент 1.25. Мы проделали работу по определению крахмала и экстракта в ячменях географических посевов и могли констатировать, что этот коэффициент или обратный — 0.8 для перевода количества экстракта на крахмал имеет узкие пределы для западных, но неприменим для наших ячменей. Так, для северных и западных пунктов мы получили вместо 0.8 отношения 0.73—0.78, а для Красного Кута даже 0.63. Таким образом, для наших ячменей необходимо продолжить поиски более точных отношений между экстрактом и крахмалом. Интересно отметить, что тот же А. И. Степанов пытался значительно упростить определение количества крахмала, как функцию веса зерен ячменя. Увеличение веса 1000 зерен ведет к увеличению процента крахмала, но не в прямой пропорции. Так, по Степанову эта зависимость выражается для ячменей БССР уравнением:

$K = 3.61 \times 0.051\ x$ (?), где K — процент крахмала в зерне, а x — вес 1000 зерен, в граммах. Оказалось, что для других ячменей потребовалось составление иных уравнений с другими коэффициентами при x.

Особенно заслуживает внимания формула для предсказания количества экстракта ячменя, в зависимости от процента азота в зернах и веса 1000 сухих зерен, предложенная Бишопом (1934).

Для сорта Plumage — Archer это уравнение имеет такой вид:

$E = 110.1 - 11.2\ N + 0.18\ G$, где E экстракт, в английских фунтах на квартер сухого солода, N — процент азота в ячмене, а G — вес 1000 сухих зерен ячменя, в граммах.

Правда, для других сортов ячменя пришлось составлять уравнения с иными коэффициентами, но у Бишопа расчеты по формулам и фактический выход экстракта почти совпадали. Формулы оказались действительными только при строго определенных условиях солодования.

Для того чтобы сократить продолжительный и кропотливый контроль пивоваренного производства, необходимо прибегать к упрощенным формулам пересчета. Задача биохимиков должна состоять в проверке уже имеющихся формул для советских ячменей, внесении в них необходимых поправок либо в выработке новых формул пересчета.

Надо сказать, что Бишоп (1930) дал формулы и для расчета без анализа количества отдельных фракций белков ячменного зерна. Он вычислял количество азота солерастворимого белка (S), гордеина (H) и глютелина (G) по следующим уравнениям в 6-рядном ячмене F . 112:

$$S = 31.5 + 46.6\ N - 75.1\ N^2$$
$$H = 27.5 + 46.6\ N - 75.1\ N^2$$
$$G = 41.0$$

где N — азот, в граммах в 1000 зерен.

Мы проверяли применение этих формул для нашего советского ячменя и могли обнаружить, что для низкобелковых ячменей эти формулы являются применимыми, но для высокобелковых ячменей (в частности для Одессы) были обнаружены резкие расхождения. К этой же серии работ по оценке качеств пивоваренного ячменя надо отнести и ускорение методов определения экстракта,

крахмала и белка ячменя. Так, В. А. Степанов (Завод «Вена», Ленинград) предложил рефрактометрический метод определения экстракта вместо обычно употребляемого пикнометрического; этот метод вдвое ускоряет определение экстракта. Скоков (Краснодар, 1938) описал быстрый и простой метод определения экстракта в зерне и солоде с помощью рефрактометра Леве.

Мы только что с Е. В. Додоновой (1938) описали метод определения крахмала в зерне ячменя по биуретовой пробе, дающей возможность вдвое ускорить определение белка, пользуясь только колориметрированием растворенного в 50% спиртовом растворе с 0.2% NaOH белка муки ячменного зерна. Этот метод, не требующий нагревания, может значительно ускорить производственный контроль ячменя на белковистость. Еще более простую пробу на белковистость мы предложили, основываясь на рассматривании среза ячменного зерна под микроскопом после обработки эозином и иодом (Н. Н. Иванов и Н. Л. Шарова, 1938). Через несколько минут уже удается приблизительно с точностью до $1^1/_2$—2% определить, с каким по белковистости ячменем мы имеем дело.

Эти ускоренные методы значительно сократят время производства анализов и дадут возможность направить энергию научных работников на выполнение более углубленных задач. Это сделать тем более необходимо, что в наших лабораториях, имеющих дело с ячменем, часто проводятся сложные и мало кому нужные анализы ячменя на пентозаны, на количество фосфора, кремния и т. д. От этих излишних анализов следует предостеречь с полной определенностью.

Приходится признать, что еще много нужно сделать для того, чтобы по биохимическим показателям ячменя было бы возможно судить о качестве получаемого пива. Тонкие ароматические и вкусовые вещества пока не поддаются химическому определению. Да и нам приходится, оценивая ячмень, проводить из него варку пива. Проводя на известной стадии разработки методики эту операцию, мы считаем, что нам надо добиться того, чтобы пивоваренные качества ячменя могли бы определяться менее громоздкими и более точными методами. В этом и состоит основная задача советских биохимиков, работающих в данной области.

Требования пивоваренной промышленности к растениеводству

Развивающаяся пивоваренная промышленность предъявляет к растениеводству все возрастающие требования. Между тем, до сих пор в Союзе наблюдается отставание по линии селекции новых сортов ячменя с учетом их пивоваренных показателей. Несомненно, что в третьей пятилетке должен получить правильное разрешение вопрос об увеличении сева в районах пивоваренного ячменя в СССР и Западной области (Якушкин, 1938). Следует также вспомнить, что Кавказские горные плато и среди них особенно Ленинакан в Армении дают лучшие в Союзе ячмени. Стоит на очереди дальнейшее продвижение к северу озимого ячменя. Необходимо также улучшить агротехнику и ставить вопрос о посевах ячменя на поливных землях, так как там можно ждать улучшения пивоваренных качеств ячменя.

Ясно, что при выборе сортов для посева приходится учитывать климатические условия района, так как нельзя вывести для всего Союза один пивоваренный сорт, а также нельзя брать без поправок в наших условиях иностранные сорта. Советские селекционеры уже дали сорта, которые имеют распространение в различных областях Союза и обладают целым рядом ценных качественных показателей.

В иностранной литературе также имеются указания по выведению сортов, обладающих более светлым зерном с более коротким сроком созревания, дающих пониженные потери при солодовании и т. д. Все эти признаки заслуживают, несомненно, внимания и советских селекционеров.

Одна из важных задач состоит в повышении удельного веса озимого ячменя как низкобелкового. Ряд данных, в том числе наших (Н. Н. Иванов, 1935), показывает, что озимые ячмени Средней Азии и Закавказья имеют низкое содержание белка (10.5—12.2%), причем на орошаемых землях наблюдается особенное сни-

жение процента белка. Мы имеем в предгорьях Кавказа наиболее зимостойкие сорта озимого ячменя. Необходимо выводить наиболее зимостойкие озимые сорта и продвигать их от юга к северу Украины. Это, несомненно, поведет к значительному улучшению нашего пивоваренного ячменя. Предъявляющие исключительно высокие требования к ячменю английские пивовары признают, что культивируемый в Англии в районах Кента, Эссекса и Суффолька озимый ячмень (6-рядный F. 112) дал при солодовании хорошие результаты.

В последнее время за рубежом проявился большой интерес к голозерному ячменю, как пивоваренному сырью. Этот ячмень содержит много крахмала и обладает большой экстрактивностью. В географическом посеве голозерные ячмени дали как исключительно высокие цифры белка (Одесса 22.6%; Красный Кут — 22.7%),так и значительно сниженные (Печора — 11.3%, Вологда — 12.9%, Псков 12.8% и Сочи — 9.2%). Отсутствие пленок затрудняет проведение существующего в настоящее время технологического процесса, но это затруднение обходят, создавая специальные фильтры для получения прозрачного сусла. Предстоит еще также преодолеть наблюдающееся плесневение голозерного ячменя при прорастании. Во всяком случае бесспорной является возможность прибавлять голозерный ячмень к солоду уже в настоящее время.

В растениеводстве Союза выявляется новый момент — орошаются земли Поволжья. Наши сорта ячменя и других культур, селекционированные на засухоустойчивость, окажутся мало приспособленными для орошаемого земледелия. Дача воды удлиняет вегетационный период, увеличивает урожай и ведет к уменьшению выхода белка. Предстоит задача подобрать подходящие сорта и давать ячменю воду в определенные фазы развития для того, чтобы возможно снизить процент белка пивоваренного ячменя. Наблюдения за связью между осадками и содержанием белка в условиях Англии (Russell and Bishop, 1933) показали, что в мае 1 дюйм осадков снижает азот ячменя на 0.15%; кроме того, имеют значение для снижения азота в зерне осадки в июне, но дожди в июле уже не меняют химического состава ячменя. Интересно, что Рессель и Бишоп для Уобурна (Англия) предсказывают в урожае процент азота ячменя по формуле $N = 1.67—0.1095\ (R — 3.84)$, где R — количество осадков в дюймах в мае и июне. В Союзе уже имеется опыт полива пшеницы (Кобелев, Сапожникова, Петинов) в такие фазы развития, когда количество белка в зерне пшеницы не снижалось. Ясно, что для ячменя полив является необходимым в более ранние фазы развития для того, чтобы вызвать возможно большее снижение белка в зерне.

По отношению к удобрению азотом ячменя в последнее время, после работ Ресселя на Ротамстедской станции, выявилась новая точка зрения. Раньше не считали возможным давать азотистое удобрение под ячмень, так как это приводит к увеличению белка в зерне. Рессель показал, что азотистое удобрение в комбинации с другими, при раннем севе и в особенности при выборе подходящего сорта, увеличивает урожай зерна на 5—6 бушелей на акр, не снижая его качества.

Говоря о качестве пивоваренного ячменя, следует обратить внимание и на витамины, которые могут перейти из солода в пиво. При прорастании ячменя начинает образовываться витамин С. Поволоцкая получила в ячмене через 7 дней прорастания 35.8 мг аскорбиновой кислоты.

Но образующаяся аскорбиновая кислота сосредоточена, главным образом, в ростках и в пиво переходит мало. Фокс (Fox, 1938) находил в пиве (Kaffir Beer) в 1 кварте столько, сколько имеется в 0.5 унции апельсинового сока. Не приходится ожидать большого обогащения витамином С из ячменя, но зато можно итти по пути витаминизации пива аскорбиновой кислотой — в этом отношении следует шире внедрить в производство опыт Витаминного института по получению высоковитаминного «бархатного» пива. Что же касается провитамина А — каротина, то количество его в созревшем ячмене тоже невелико: по данным Мурри, всего — 0.40—0.55 гамм в 1 г ячменя и ожидать накопления его при солодовании не приходится, так как при прорастании в темноте каротин не образуется. По анализам Мурри, количество витамина B_1 в ячмене достигает 3.36 гамм в 1 г, но при прорастании следует ожидать снижения этой цифры.

Витамин B_2 (флавин) накапливается при солодовании ячменя; так, при прорастании в темноте получились такие результаты:

Дни	Гаммы B_2 в 1 г
3	1.14
7	2.15
12	3.28

Следует проследить образование и других компонентов из системы витамина В при прорастании, а главное, выяснить, какое количество этих витаминов переходит в пиво и как оно там сохраняется. То же следует выяснить и по отношению к эргостеролу, который может в дальнейшем перейти в витамин D, а также по отношению других витаминов.

Но, обсуждая содержание витаминов в пиве, нужно помнить и о витаминах дрожжей. Следует выяснить, сколько витаминов B_1, B_2 и других переходит из солода и сколько из дрожжей.

Ввести в пиво возможно большее количество нужных витаминов — это значит помочь важной проблеме питания, так как пиво получит в третьей пятилетке особенно широкое распространение. Для научного творчества исследователя здесь открывается широкий простор, тем более, чем до сих пор в этой области сделано еще мало.

Выводы

1. Повышенные требования к ячменю как сырью пивоваренной промышленности, в связи с большим ростом в Союзе пивоварения и задачами повышения качества продукции пищевой промышленности, могут быть вполне удовлетворены чистосортным материалом ячменя, получаемым из различных районов Союза.

2. Вполне вызревший ячмень из областей Союза с континентальным климатом, несмотря на повышенное количество в нем белка, может служить материалом для приготовления хорошего пива, так как при солодовании крахмал этих ячменей осахаривается легко, и они обладают повышенным количеством амилазы.

3. К числу биохимических показателей созревания ячменя следует отнести, кроме состояния ферментов каталазы, амилазы и протеазы, также и накопление в зерне витамина B_2 (флавина), витамина С и состояние фермента аскорбиназы.

4. Биохимическое изучение отдельных зерен, даже одного колоса ячменя, показывает неравноценность зерен в физиологическом отношении (неодинаковое прорастание) и в химическом — различное содержание процента азота, при почти одинаковом абсолютном содержании азота в зернах у 2-рядных ячменей. Эта биохимическая неравноценность зерен ячменя связана с различием по времени оплодотворения и налива зерен.

5. В настоящее время существует ряд биохимических показателей, дающих возможность судить по ячменю о качестве получаемого из него солода. Имеется много новых методов для ускорения анализа ячменя, среди которых следует указать на быстрый количественный метод определения белку в зерне ячменя по биуретовой реакции и на быструю микроскопическую проба на белковистость на срезах зерна ячменя.

6. Формулируя требования пивоваренной промышленности к растениеводству по выведению сортов с низким содержанием белка, повышенным содержанием амилазы, крахмала и экстракта, а также сортов, которые, отзываясь на полив и азотистые удобрения, давали бы повышение пивоваренных качеств зерна, автор обращает особое внимание на увеличение в ячмене, солоде и пиве нужных витаминов, которые облегчили бы задачу снабжения организма человека этими нужными для жизни веществами.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гессе А., Энзиматическая технология бродильных процессов, Госхимтехиздат, Ленинград, 1933.
[2] Иванов Н. Н., Биохимическая характеристика ячменей СССР, Ленинград, 1935.
[3] Иванов Н. Н. и Лишкевич М. И., Труды по Прикладной Ботанике, Генетике и Селекции, 21, 1929.
[4] Княгиничев М. И., Сборник работ по биохимии культурных растений, 5, стр. 5, 1936.
[5] Лишкевич М. И., Труды по Прикладной Ботанике, Генетике и Селекции, 25, № 1, 1931.
[6] Мальцев А. И. Пивоваренные ячмени в России и настоящее положение их в хозяйстве и отпускной торговле, 1910.
[7] Наумова Л. И., Бюллетень ВНИЛПа, № 3—4, 1938.
[8] Регель Р. Э. Протеин в зерне русского ячменя, Петербург, 1909.
[9] Скоков М. Ф., Бюллетень ВНИЛПа, № 2, 1938.
[10] Степанов В. А., Бюллетень ВНИЛПа, № 2, 1938.
[11] Цветкова Е. А., Труды Центр. научно-исслед. биохимич. ин-та 3 (1), 3, 1933.
[12] Чукмасова М., Бюллетень ВНИЛПа, № 3—4, 1938.
[13] Якушкин И. В., О внутриколосовых различиях у ячменя, Доклады Всесоюзной академии с.-х. наук (15—16), 1938.
[14] Archbold, Annales of Botany, 6, 403, 1938.
[15] Bach A., A. Oparin und R. Wähner, Bioch. Zeit., 180, 362, 1927.
[16] Bishop L. R. Jour. Inst. Brew. 36, 421, 1930; Jour. Inst. Brew. 37, 345, 1931.
[17] Chrząszcz T. J. Janicki, Biochem. Zeitschr. 278, 112, 1935, 285, 47, 1936.
[18] Chrząszcz und J. Sawicki, Enzymologia 4, 79, 1937.
[19] Colin et H. Belval, Comptes Rendus, 973, 1923.
[20] Cluss A., Wochenschr. Brauer. 47, 1929.
[21] Grüss J., Wochenschr. Brauer. 49, 17, 1932.
[22] Hills C. H. and C. H. Bailey, Cer. Chem. 15, 273, 1938, 15, 351, 1938.
[23] Hind L., Jour. Inst. Brew. 33, 383, 1927.
[24] Lüers H., Fink H. u. W. Riedel, Wochenschr. Brauerei 47, стр. 393, 1930.
[25] Myrbäck K., Enzymologia 1, 280, 1936.
[26] Myrbäck u. B. Ortenblad, Enzymologia, 5, 305, 1938.
[27] Russel E. L., a. Bishop., Jour. Instit. Brewing, 39, 287, 1933.
[28] Stadler, Wochensch. Brauer., 47, 479, 1929.
[29] Takahashi E. a. K. Shikanama, Jour. Facul. Agr. Hokkaido Imp. Univ 30 (2), 119, 1930.
[30] Thunaus H., Wochensch. Brauer. 55, 129, 1938.
[31] Windisch W., Empirie unb Wissenschaft im Braugewerbe, 1927.

N. N. IVANOV. THE BIOCHEMICAL INDICE-CHARACTERS OF QUALITY OF BARLEY

SUMMARY

1) The higher requirements for quality in barley as a raw material for the brewing industry, in connection with the rapid growth of this industry in the Soviet Union and with the task of improving the quality of food products, may be fully met by high-grade barley obtained from various regions of the U.S.S.R.

2) Despite its comparatively high content of protein, fully ripe barley from regions of the U.S.S.R. with a continental climate may be used for making good beer, since the starch in this barley is readily saccharized in malting and its amylase content is high.

3) The writer places special emphasis on the need of increasing the content of valuable vitamins in barley, malt, and beer, which would facilitate the task of supplying the human organism with these vital substances.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

Р. П. НИКОЛАЕВ

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРТОФЕЛЯ КАК ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Представлено академиком А. Н. Бахом

Планом третьей Сталинской пятилетки предусматривается сильный рост производства пищевых продуктов. В соответствии с этим значительно увеличится переработка картофеля в крахмал, спирт, сушенку. Крахмалопродукты будут широко использованы для изготовления патоки, декстрина, глюкозы, саго и др. Кроме того, крахмал еще в большем количестве, чем теперь, будет применяться в текстильной, бумажной, спичечной, кожевенной и многих других отраслях промышленности. Сильно увеличится также использование спирта на технические цели, на изготовление синтетического каучука, пластических масс, лаков и других продуктов.

Все это, несомненно, еще более повысит значение картофеля как технического сырья. Поэтому перед земельными органами, промышленностью и научно-исследовательскими учреждениями стоит неотложная задача — обеспечить быстро развивающуюся в нашей стране картофелеперерабатывающую промышленность достаточным количеством высококачественного технического картофельного сырья.

Для полного удовлетворения спиртовой и крахмало-паточной промышленности сырьем в настоящее время разработан и осуществляется целый ряд мероприятий по созданию вокруг заводов постоянных и устойчивых сырьевых баз.

Однако картофелеперерабатывающая промышленность в настоящее время еще далеко не обеспечена высококачественным сырьем. Весьма часто перерабатываемое на заводах сырье не отвечает тем требованиям, которые предъявляет к нему эта промышленность.

Научно-исследовательские и селекционные учреждения, выпускающие новые технические сорта картофеля и проводящие отбор и оценку лучших сортов для того или другого производства, должны учитывать, что различные отрасли промышленности предъявляют к картофельному сырью неодинаковые требования.

Так, например, спиртовой промышленности требуется картофель, который имеет наибольшее содержание крахмала с хорошей способностью осахаривания, быстро разваривается, легко сбраживается и дает высокий выход спирта.

Крахмальная промышленность должна иметь картофель, дающий высокий выход первосортного (крупнозерного, блестящего) крахмала.

От крахмала, предназначенного для применения в текстильном производстве, требуется высокая степень вязкости.

Для сушильной промышленности интересен картофель, содержащий наименьшее количество воды и обладающий устойчивостью против потемнения при измельчении и сушке (производство хлопьев, крупки, сухих овощей, муки и пр.).

Поэтому при разработке отдельных методов оценки сырья и установлении биохимических показателей следует всегда исходить из этих определенных требований, характеризующих его техническую ценность. Последняя зависит в значительной мере от количества находящихся в клубне веществ (в первую очередь — крахмала), а также от их физико-химических свойств.

При отборе и оценке технических сортов картофеля необходимо производить детальный анализ содержащихся в них отдельных форм углеводов (крахмала, сахаров), имеющих неодинаковую ценность для различных отраслей промышленности.

Сорта картофеля, содержащие значительное количество растворимых сахаров, с успехом используются для винокурения, при переработке же их на крахмалотерочном заводе содержащиеся в них сахара совершенно не используются и теряются с соковыми водами.

При подборе технических сортов необходимо обращать внимание на содержание в них азотистых веществ.

Во время переработки на крахмальном заводе сортов картофеля, которые содержат большое количество белковых веществ, быстро коагулирующих в соковой воде, наблюдается образование пены и слизи, вследствие чего крахмал плохо отстаивается и сильно загрязняется хлопьями белка.

При переработке на винокуренном заводе картофеля, содержащего много азотистых веществ, наблюдается пенистое брожение.

Присутствие в клубнях красящих веществ, органических кислот и их солей и пр. имеет также значение при переработке картофеля на заводах.

От наличия в клубнях веществ, обладающих кислотными свойствами, зависит в значительной мере кислотность осахаренного картофельного затора на винокуренном заводе, а также качество крахмала (и других продуктов, добываемых из крахмала, патоки и декстрина). При получении крахмала приходится для удаления кислот и прочих веществ производить тщательную размывку его водой. Красящие вещества картофеля при переработке его на крахмальном заводе окрашивают крахмал и понижают качество продукции.

Наиболее правильная оценка качества картофеля для целей спиртокуренной промышленности может быть получена путем непосредственного определения выхода спирта из исследуемого сырья. В результате применения нами этого метода* были выявлены из числа вновь полученных в НИИКХ сеянцев, а также стандартных и перспективных сортов, наилучшие технические сорта—Советский, Кореневский и др. Особенно интересным и ценным для спиртового производства является сорт Советский, который в ранние сроки уборки урожая картофеля (в июле — августе) дает значительный выход спирта и позволяет, таким образом, удлинить производственный сезон путем пуска завода значительно раньше обычно принятого срока. Позднеспелые же сорта (как, например, Силезия, Вольтман) не дают возможности пустить в ход заводы ранее конца сентября — начала октября.

Таблица 1

Выход спирта из картофеля сорта Советский в ранние сроки его уборки

Срок взятия проб картофеля	Выход безводного спирта, в литрах со 100 кг картофеля
11 июля	10.88
1 августа	11.37
13 августа	12.20

При уборке урожая картофеля в июле и августе из сорта Советский были получены такие выходы спирта (табл. 1).

Таким образом, сорт Советский, давая высокий выход спирта уже в августе, позволяет удлинить производственный сезон заводов.

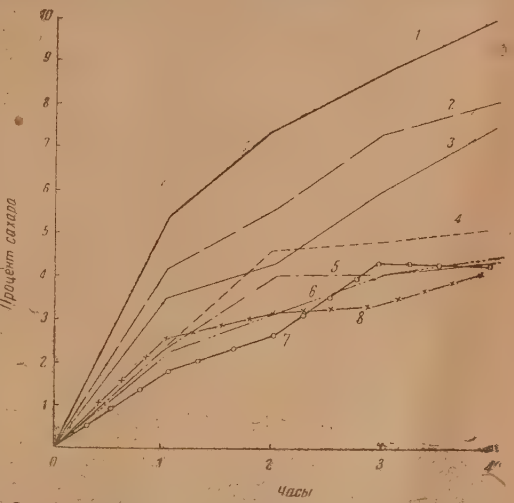
Различные сорта картофеля отличаются между собой не только по количеству, но и по качеству содержащегося в них крахмала. Результаты, полученные нами по качественному изучению картофельного крахмала, показывают, что крахмал разных сортов картофеля имеет неодинаковую способность к осахариванию.

На диаграмме изображены результаты диастатического осахаривания крахмалов, не подвергавшихся изменению нагреванием.

* Метод определения выхода спирта из картофеля описан мною в монографии «Картофель», изд. 1937 г., стр. 74.

По горизонтали отложена длительность осахаривания в часах, а по вертикали — процент сахара, образовавшегося из крахмала.

Как видно из диаграммы, крахмал разных сортов картофеля осахаривается не с одинаковой скоростью. Особенно быстро осахаривается крахмал у Силезии, которая в этом отношении значительно превосходит все другие исследуемые сорта картофеля. В целом ряде опытов проводилось осахаривание оклейстеренного крахмала, так как в спиртокуренном производстве содержащийся в сырье крахмал сначала подвергается клейстеризации, а затем уже осахариванию. Этими опытами также было установлено, что крахмал разных сортов имеет неодинаковую способность к осахариванию.



Осахаривание крахмала различных сортов картофеля: *1* — Силезия, *2* — Парнассия, *3* — Юбель, *4* — Советский, *5* — Сас, *6* — Вольтман, *7* — Лорх, *8* — Свитезь

Наряду с изучением скорости осахаривания оклейстеренного крахмала разных сортов картофеля проводилась работа по разделению крахмального клейстера на его составные части — амилозу и амилопектин. Разделение крахмального клейстера на его составные части и количественное их определение показало, что крахмалы различных сортов картофеля содержат различные количества амилозы и амилопектина.

При сопоставлении этих показателей и содержания крахмала с выходом спирта * у разных сортов была обнаружена зависимость высоты выходов от качества крахмала.

Чтобы выяснить зависимость высоты выходов спирта от качества крахмала, учитывалось то количество спирта, которое получается только из крахмала.

Для этого на основании данных Фота (по Фоту 100 кг сахара при хорошем ведении производства дают 60 л безводного спирта) вычислялось вначале количество спирта, которое получалось из сахара, содержащегося в испытуемом сорте картофеля. Затем, отняв это количество спирта от общего количества спирта, полученного (в результате опыта брожения) из содержащихся в картофеле крахмала и сахара, определялся выход спирта из крахмала по каждому сорту картофеля.

В табл. 2 сорта картофеля расположены в нисходящем порядке по выходу спирта, полученного из одного крахмала.

Из табл. 2 видно, что наиболее высокий выход спирта дает сорт Силезия. Однако этот сорт не обладает наивысшим содержанием углеводов (крахмала и сахара), пригодных для получения спирта. Значительно больше имеет этих углеводов сорт Вольтман, но несмотря на это данный сорт дал спирта меньше, чем сорт Силезия.

С аналогичными фактами несоответствия высоты выходов спирта содержанию в картофеле крахмала мы встречаемся ежегодно при переработке целого ряда сортов картофеля на спирт.

Объясняется это тем, что высота выхода спирта зависит не только от количества, но и от качества крахмала (степени осахаривания и соотношения состав-

* Выход спирта из исследуемого сырья определялся на основании опыта брожения указанному выше методу.

Таблица 2

Название сорта	Процент крахмала	Процент сахара	Общее количество углеводов (крахмал и сахар) (в %)	Процент амилозы	Процент амилопектина	Выход безводного спирта со 100 кг картофеля (в литрах)	
						из крахмала и сахара	из крахмала
Силезия	19.35	1.73	23.02	20.70	79.30	12.4	11.4
Кореневский	19.17	1.30	22.39	20.45	79.55	11.4	10.6
Вольтман	22.37	1.98	26.59	17.81	82.19	11.7	10.5
Фитофтороустойчивый	19.17	1.68	22.77	17.02	82.98	10.7	9.7
Смысловский . . .	15.98	2.28	19.86	22.89	77.11	11.0	9.6
Свитезь	17.75	1.25	20.78	13.36	86.64	9.7	9.0

ных частей крахмала амилозы и амилопектина *). Кроме того, выход спирта может также зависеть и от других пока еще недостаточно изученных факторов (например, от наличия в картофеле ряда веществ, могущих влиять различным образом на процесс брожения и на образование спирта в картофельном заторе). В данном же случае причина такого несоответствия объясняется лучшим качеством крахмала у сорта Силезия. В крахмале сорта Силезия содержится амилозы на 2.89% больше, чем в крахмале сорта Вольтман. Кроме того, сорт Силезия обладает лучшей степенью осахаривания крахмала, нежели сорт Вольтман. В продолжение всего опыта с осахариванием сорт Силезия давал лучшие показатели и к концу опыта имел на 3.09% сахара больше, чем сорт Вольтман.

В качественном различии крахмала также надо искать причину того, что сорт Кореневский, имеющий меньше крахмала, чем сорт Вольтман, оказывается по выходу спирта в одной группе с последним (из крахмала сорта Кореневского было получено на 2.64% амилозы и на 2.57% сахара больше сравнительно с сортом Вольтман).

Если сравнить между собой сорта Кореневский и Фитофтороустойчивый, имеющих одинаковый процент крахмала (19.17%), то можно видеть, что первый сорт дал почти на 1 литр спирта больше, чем второй. Причина и в данном случае заключается в лучшем качестве крахмала у сорта Кореневского; из крахмала этого сорта получено на 3.43% амилозы и на 3.27% сахара больше в сравнении с Фитофтороустойчивым сортом.

Такая же зависимость высоты выхода спирта из картофеля от качества его крахмала наблюдается и у других сортов. Весьма интересно, что сорт Смысловский с наименьшим содержанием крахмала (15.98%) занимает по выходу спирта не последнее место, а, наоборот, в этом отношении превышает сорт Свитезь, имеющий более высокий процент крахмала (17.75%). Кроме того, сорт Смысловский дал почти такое же количество спирта, как и высококрахмалистый сорт Фитофтороустойчивый. Сравнив эти сорта по содержанию амилозы, мы видим, что сорт Смысловский имеет амилозы больше на 5.87%, чем Фитофтороустойчивый, и на 9.53% больше, чем Свитезь.

Таким образом, для получения наивысшего выхода спирта требуется, чтобы данный сорт картофеля имел наибольшее количество крахмала высокого качества (с хорошей степенью осахаривания и высоким содержанием амилозы).

---

* Амилоза и амилопектин при диастатическом осахаривании дают различные продукты. Амилоза легко превращается в мальтозу и менее устойчива под действием диастаза, чем амилопектин.

Kavčič показал, что как крахмал, так и составные его части у разных сортов картофеля очень различаются по своим свойствам.

Так как составные части крахмала (амилоза и амилопектин) у разных сортов картофеля могут качественно различаться, а также могут содержаться в крахмале в различном соотношении, то, очевидно, должны получаться и различные результаты при переработке отдельных сортов картофеля на заводе.

При подборе высококрахмалистых сортов картофеля для крахмальной промышленности должна учитываться крупность крахмальных зерен, являющаяся важным техническим признаком, который определяет качество продукции заводов. Сорта картофеля, предназначенные для этой промышленности, должны давать высокий выход крупнозерного крахмала и наименьший процент мелкозерной фракции. Различия между сортами по величине зерен крахмала весьма существенны. Особенно интересными в отношении крупнозерности крахмала оказались, по исследованиям Е. М. Успенского, сорта: Кореневский, Альма и др.; по исследованиям И. А. Веселовского, А. Я. Камераза и М. С. Яковлева — сорта: Уич-Хилл, Кобблер, Снежинка и др.

Е. М. Успенский условно делит полученный крахмал из разных сортов картофеля на 5 фракций:

1-я фракция	«экстра»	— зерна крахмала	от 57 μ и выше
2-я »	«прима»	— » »	» 41 до 56
3-я »	«секунда»	— » »	» 31 » 40
4-я »	«терция»	— » »	» 23 » 30
5-я »	«отход»	— » »	» 22 » и ниже

Лучшие сорта картофеля, по данным исследования указанного автора, давали такой выход крахмала по фракциям, в процентах:

1-я фракция до 49%; 2-я фракция до 38%; 3-я фракция до 12%; 4-я фракция до 5%; 5-я фракция до 3%:

Сорта же с плохими крахмало-терочными качествами давали крахмала:

1-я фракция до 29%; 2-я фракция до 32%; 3-я фракция до 23%; 4-я фракция до 11%; 5-я фракция до 9%.

Таким образом, при оценке сортов для крахмальной промышленности нас должна особенно интересовать величина двух первых фракций, которые и определяют качество сырья. Поэтому необходимо производить отбор сортов картофеля, дающих наибольший выход крахмала первых фракций и наименьший выход крахмала мелких фракций.

Динамика накопления крахмального зерна у разных сортов картофеля не одинакова. Сорта картофеля, рано образующие крупное зерно крахмала, могут служить хорошим источником сырья в ранние сроки работы заводов. Из указанных выше сортов картофеля особенно рано и быстро образуют крупные крахмальные зерна сорта: Уич-Хилл и Альма.

Текстильная промышленность, нуждающаяся в крахмальном клейстере определенной степени вязкости, выдвигает необходимость оценки технических сортов картофеля и по этому признаку.

Исследования, проведенные в нашей лаборатории, показали неодинаковую степень вязкости клейстера, полученного из крахмала различных сортов картофеля.

Таблица 3

Вязкость крахмального клейстера у разных сортов картофеля

Смысловский	Юбель	Вольтман	Советский	Фитофторо-устойчивый	Кореневский	Силезия	Парнассия	Свитезь
1.81	2.43	2.93	3.22	3.60	3.79	4.28	5.27	6.31

Крахмальный клейстер сорта Свитезь показал наибольшую вязкость, в то время как клейстер сорта Смысловский оказался наименее вязким. Сорта Свитезь и Парнассия по данному показателю в 3—$3^1/_2$ раза превосходят сорт Смысловский.

Со стороны представителей текстильной промышленности поступают иногда указания на недостаточную клейкость крахмала, которая наблюдается в отдель-

ные годы. Так, например, отмечалось уменьшение степени клейкости крахмала, полученного из картофеля, который выращивался в условиях засухи.

Следует отметить, что климатические и прочие условия произрастания сильно влияют на свойства крахмала и изменяют его клейкость, крупность зерна и другие качества.

Так как технические качества картофеля сильно изменяются под влиянием сорта, различных приемов хранения, агротехники, климатических и почвенных условий, то перед научно-исследовательскими учреждениями стоит задача установить методы и приемы, с помощью которых можно улучшить качества промышленного картофельного сырья.

Ниже приводятся результаты одной из таких работ, показавшие полную возможность устранения с помощью применения удобрений такого нежелательного явления для технического картофеля, как потемнение мякоти разрезанных клубней*.

Толчком к постановке указанной работы послужило наблюдение, которое было сделано нами при проведении исследования химического состава нового фитофтороустойчивого сорта. При разрезании клубней этого сорта было замечено, что поверхность разрезанных клубней не темнеет. На разрезе у них появляется очень слабая желтая окраска лишь через 7—8 часов. В дальнейшем разрезанные клубни не чернеют, а только очень слабо желтеют. Не окрашивается и сок, отжатый из измельченных клубней. Кашица, полученная путем растирания клубней, также остается светлой.

У большинства же одновременно с этим исследованных сортов появление окраски на разрезе клубней отмечалось уже через несколько минут.

Причина различий между сортами по степени потемнения объясняется, как показали биохимические исследования, тем, что в быстро и сильно темнеющих клубнях происходит более энергичный распад белков, в результате которого они и оказываются богаче продуктами белкового распада (тирозином и другими аминокислотами), служащими субстратом для воздействия окислительных ферментов (тирозиназы), в то время как у долго нетемнеющих клубней указанных продуктов распада имеется очень мало. Вместе с тем была установлена повышенная активность тирозиназы в клубнях, быстро темнеющих при очистке их от кожуры, измельчении и сушке.

Степень потемнения зависит не только от сортовых различий. В частности, было установлено, что клубни того же фитофтороустойчивого сорта, при выращивании картофеля на больших дозах азотистого удобрения, также давали темную окраску на поверхности среза.

При сравнительном исследовании различных сортов картофеля, выращенных как в вегетационных сосудах, так и в полевых условиях, было показано, что на процесс потемнения клубней оказывают сильное влияние не только азотистые удобрения.

Результаты ряда опытов, проведенных (в условиях супесчаных почв) М. И. Сломской, представлены в табл. 4.

Данные вегетационных опытов показывают, что одностороннее азотистое удобрение (N — 3 г) вызывает сильное потемнение мякоти картофеля при резке. Одностороннее же калийное удобрение (K_2O — 2 г) устраняет потемнение клубней. Удобренный одним фосфором (P_2O_5 — 3 г) картофель слабо темнеет. Внесение калия одновременно с азотом и фосфором почти в равных количествах (N-3 г; P — 3 г; K — 2 г) лишь немного задерживает потемнение картофеля по сравнению с одним азотистым удобрением.

Особенно интересным является применение калия в повышенных дозах (отношение калия к азоту, как 2 : 1 и 3 : 1), устраняющее потемнение мякоти разрезанных клубней.

Результаты полевого опыта подтвердили выводы относительно значения калийных удобрений для потемнения картофеля.

* Появление темного окрашивания мякоти клубней крайне нежелательно как для технического картофеля, который предназначается для измельчения и сушки, так и для столового картофеля.

Влияние различных доз минеральных удобрений на потемнение срезов клубней

Вегетационный опыт					Наступление потемнения срезов	Полевой опыт					
сорт Лорх						сорт Лорх					
Удобрение, в граммах на 1 сосуд						Удобрение, в килограммах на гектар действующего начала					
						N—90 P_2O_5—45					
0	N—3	P_2O_5—3	K_2O—2	N—3; P—3; K—2		K_2O—0	K_2O—50	K_2O—100	K_2—150	K_2—200	K_2O—250
—	+++	—	—	+	←15 мин.→	+	+	—	—	—	—
—	++++	—	—	+	←30 мин.→	++	+	+	—	—	—
+	++++	+	—	++	← 1 час.→	++	++	+	—	—	—
+	++++	+	—	++	← 2 часа→	++	++	+	+	—	—

Условные обозначения интенсивности потемнения срезов клубней:

— отсутствует потемнение, срез остается белым;
+ слабое потемнение;
++ среднее потемнение;
++++ сильное потемнение.

15 минут и т. д. показывает, через какой промежуток времени наступало потемнение срезов клубней.

В этом опыте калий вносился под картофель сорта Лорх в разных дозах (от 50 до 250 кг) при одном и том же количестве азотно-фосфатных удобрений (N — 90 кг; P_2O_5 — 45 кг).

Как видно из табл. 4, если применяются азотное и фосфорное удобрения без калия (N — 90; P — 45; K — 0), то клубни на разрезе очень быстро темнеют. В том случае когда калий прибавляется в недостаточном количестве (50 кг), клубни почти так же быстро темнеют. Однако при внесении калия в количестве 100 кг клубни в течение 15 минут после разрезания остаются белыми и только через 30 минут слабо окрашиваются; эта слабая степень окрашивания сохраняется и в дальнейшем. Применение калия в количестве 150 кг еще более положительно влияло на указанное качество клубня.

Наконец, при внесении калия в еще больших дозах (200—250 кг) потемнения срезов клубней не наступало даже и через 2 часа после разрезания клубней.

Применение А. И. Ручкиной в Институте картофельного хозяйства таких сильно действующих агротехнических приемов, как яровизация и мульчирование, давало, даже в условиях сильной засухи 1938 года, большое повышение урожая крахмала у разных сортов картофеля (Советский, Лорх и др.).

Данные Е. М. Азаревич, полученные в результате определения содержания крахмала в этих сортах картофеля и вычисления урожая крахмала с единицы площади, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Влияние яровизации и мульчирования на урожай крахмала у разных сортов картофеля, полученный 30 июля 1938 г.

Название агрономического приема	Урожай крахмала, в центнерах на га		
	Советский	Лорх	Эпикур
Без яровизации	9.9	9.1	11.9
Яровизация	15.6	15.8	15.7
Мульчирование	17.6	17.6	19.2
Яровизация + мульчирование	21.5	21.5	25.8

Применение яровизации и мульчирования дало более высокий урожай крахмала у всех исследуемых сортов картофеля по сравнению с неподвергавшимися яровизации.

Наибольший урожай крахмала был получен в опытах, где применялись совместно яровизация и мульчирование.

Таким образом, применение комплекса рациональных приемов агротехники должно сыграть большую роль в борьбе за улучшение качества технического картофеля. При разработке этих вопросов биохимия и агротехника должны притти в более тесное соприкосновение между собой, чем это имело место до сих пор. Следует обеспечить активное участие биохимиков в работе по выявлению степени и причин изменчивости технических качеств картофеля в зависимости от разных условий его выращивания. Такая совместная работа крайне необходима сейчас для разработки лучшей системы агротехники получения высоких урожаев технического картофеля.

Выводы

1. Различные отрасли картофелеперерабатывающей промышленности предъявляют к картофельному сырью неодинаковые требования.

2. На основании этих требований и должны разрабатываться методы оценки сырья и устанавливаться биохимические показатели, характеризующие его техническую ценность.

3. Для наиболее правильной оценки качества разных сортов картофеля в спиртокуренной промышленности применялся метод непосредственного определения выхода спирта из исследуемого сырья и велось качественное изучение картофельного крахмала. При сопоставлении этих показателей с выходом спирта у разных сортов картофеля была обнаружена зависимость высоты выходов от качества крахмала (степень осахаривания и соотношение составных частей крахмала — амилозы и амилопектина).

При подборе высококрахмалистых сортов картофеля для крахмальной промышленности учитывалась крупность крахмальных зерен, являющаяся важным техническим признаком, определяющим качество продукции заводов.

Оценка технических сортов картофеля велась также и с точки зрения текстильной промышленности, которой требуется крахмал определенной степени вязкости.

4. В результате разработки и применения указанных методов исследования были выявлены лучшие технические сорта картофеля.

5. Разрабатывались также приемы, с помощью которых можно улучшить качество технических сортов картофеля.

Результаты работ по применению удобрений показали полную возможность устранения такого нежелательного явления для технического картофеля (предназначенного для сушильной промышленности и для переработки на фабриках-кухнях), как потемнение мякоти разрезанных клубней, путем внесения под картофель калия в повышенных дозах в отношении калия к азоту, как 2 : 1 и выше.

6. Данные многочисленных опытов и исследований свидетельствуют о сильной изменчивости технических качеств картофеля под влиянием сорта, различных приемов хранения, агротехники, климатических и почвенных условий.

Поэтому перед научными учреждениями стоит задача установления взаимосвязи между внешними факторами воздействия и качественными изменениями урожая, выявления степени и причин этой изменчивости.

Скорейшее разрешение указанной задачи требуется для организации правильного сортового районирования при подборе высококачественных сортов картофеля для определенных районов СССР. Оно необходимо также для разработки улучшенных способов хранения и построения рациональной системы агротехники получения высоких урожаев нужного нам качества.

Институт картофельного хозяйства.

Поступило 14 IV 1939

R. P. NIKOLAEV. BIOCHEMICAL INDICE-CHARACTERS OF POTATO AS RAW MATERIAL

SUMMARY

The paper deals with facts and considerations showing how the different branches of the agricultural industry using tubers of potato as raw material accordingly lay claim in different respects to its qualities. Besides the amount of starch the quality of same is also of great importance, as, for instance, its capacity for saccharification and fermentation, the size of starch grains, the viscosity of the paste, the ratio of amylose to amylopectin etc.

It is shown that the qualitative indice-characters of potato tubers are besides their dependence upon the sort most intimately connected with agrotechnical moods of potato cultivation, and especially with the nature of the fertilizer applied.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

А. А. ПРОКОФЬЕВ

ОБРАЗОВАНИЕ КАУЧУКА В РАСТЕНИЯХ

(*Представлено академиком* А. Н. Бахом)

До настоящего времени потребность народного хозяйства в каучуке удовлетворяется синтетическим отечественным и натуральным импортным каучуком. Это положение изменится в ближайшие годы, когда найденные на территории Союза каучуконосы кок-, тау- и крым-сагызы, так же как и акклиматизированное мексиканское растение — гваюла, выйдут на большие площади.

Широкое развертывание посевов каучуконосов в годы третьей пятилетки требует такого знания каучуконосных растений, которое позволило бы управлять их продуктивностью. В свете этого приобретают исключительное значение вопросы, связанные с синтезом каучука в растении.

Каучук как представитель группы терпенов

Наиболее принятой в данное время является гипотеза цепного строения каучука, впервые высказанная Вебером (Weber, 1903).

Дальнейшее развитие эта гипотеза получила, главным образом, благодаря работам Штаудингера (1935). Согласно представлениям Штаудингера, молекула каучука состоит из большого числа изопентеновых групп, образующих длинную цепочку. Эта открытая цепь, повидимому, имеет по концам нормальные углеродные атомы.

$$CH_3-CH=\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}-CH_2-(-CH_2-CH=\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}-CH_2-)_{n-2}-CH=CH-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2$$

Число изопентеновых групп в молекуле каучука велико (в среднем около 1000 и даже выше). Однако даже чистый каучук представляет собой, по Штаудингеру, полимергомологический ряд, т. е. представляет смесь молекул различной степени полимерности.

Строение каучука (из изопреновых остатков) сближает каучук с терпенами, к которым его и относят Фрей-Висслинг (Frey-Wissling, 1935), Ружичка (Ruzicka, 1937) и др. (табл. 1).

Как показывают формулы представителей главного ряда, все эти терпены могут быть представлены как соединения состава $(C_5H_8)_n$, где n имеет разное значение.

При сухой перегонке каучука, наряду с другими углеводородами, получается изопрен. При полимеризации изопрена, особенно в присутствии катализаторов (металлический натрий), получается каучук. Это дает основания считать, что действительно молекула каучука построена из изопреновых остатков.

Общие принципы строения молекул терпенов, а также возможная общность происхождения и физиологического значения всех этих веществ, сближают каучук с терпенами, встречающимися в эфирных маслах, смолах и каротиноидах.

Поэтому правильнее рассматривать каучук не изолированно, а вместе со всей группой терпенов, занимающих особое место среди других продуктов жизнедеятельности растений в силу своей абсолютной гидрофобности и отсутствия свободной или связанной гидроксильной группы, столь характерной для ассимилятов.

Таблица 1

Перечень терпенов, по Фрей-Висслингу

Классы терпенов	Формула: дегидрированных продуктов	Формула: представителей главного ряда	Формула: гидрированных продуктов	Кислородные производные
Гемитерпены (изопрен)		C_5H_8		
Монотерпены (эфирные масла и бальзамы)	$C_{10}H_{14}$	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	Камфора
Сесквитерпены (эфирные масла и бальзамы)	$C_{15}H_{22}$	$C_{15}H_{24}$	$C_{15}H_{26}$	
Дитерпены (смолы)	$C_{20}H_{28}$	$C_{20}H_{32}$	—	Смоляные к-ты, кроцетин, витамин А
Тритерпены	—	$C_{30}H_{48}$	—	Бетулин, сапогенин
Тетратерпены (каротиноиды)	$C_{40}H_{56}$	—	—	Ксантофилл
Политерпены (группа каучука)	—	$(C_5H_8)_x$	—	

Место образования терпенов в клетке

На основании имеющегося в настоящее время материала, можно считать, что моно-, сескви- и дитерпены образуются недифференцированной протоплазмой*. Это удалось показать Поповичи (Popovici, 1926) путем омыления и двойной прижизненной окраски (индофенол и нейтральрот) срезов различных терпеноносных растений. Автор констатировал, что терпеновые капельки возникают в протоплазме независимо от пластид и хондриосом (фиг. 1). Образование кристаллических каротиноидов (тетратерпенов), наоборот, всегда приурочено к пластидам. Обычно каротиноиды хорошо оформленные кристаллы, иногда вырастающие за пределы пластиды.

Фиг. 1. Образование эфирного масла в экскреторном канале филодендрон (*Philodendron*): *ä. ö* — капельки эфирного масла (черные); *n* — ядро; *pl* — пластиды, *chs* — хондриосомы; *chk* — хондриоконты; палочкообразные хондриосомы (по-Поповичи)

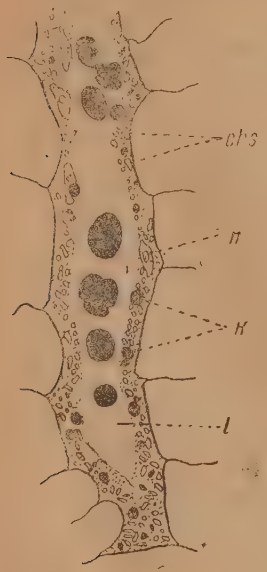
Что касается политерпенов, то, по наблюдениям Бобылева (Bobilioff, 1925) и Поповичи, частицы политерпенов (каучука) возникают в плазме, откуда затем переходят в вакуоль (фиг. 2). Участвуют ли в создании каучука пластиды — пока не ясно. Следующие соображения Фрей-Висслинга и полученные нами результаты заставляют предполагать, что это участие имеет место.

а) Известно, что продукты, возникающие в плазме, всегда имеют вид шариков. Продукты, образованные пластидами (крахмал, каротиноиды) — твердые тела, имеют определенную характерную форму; каучуковые частицы тау-сагыза

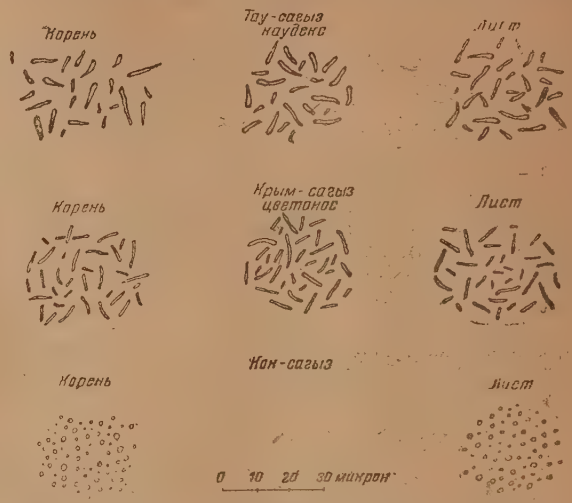
* На другой позиции стоит Чирх (Tschirch und Stock, 1933), который считает, что синтез терпенов происходит в так называемом резиногенном слое оболочки клетки. Это представление опровергается не только на основании данных цитологического анализа, но также и потому, что невозможно представить себе синтез терпенов, идущий вне протоплазмы, так как этот процесс требует притока энергии извне.

имеют булавовидную форму, крым-сагыза — палочкообразную, кок-сагыза — шарообразную (фиг. 3).

б) Каучуковые частицы способны расти. Например, у молодых растений тау-сагыза они ничтожно малы, в то время как у взрослых достигают 10 μ.



Фиг. 2. Возникновение каучука в млечных трубках *Ficus elastica*: *n* — ядро, веретенообразной формы; *chs* — хондриосомы (белые); *k* — каучуковые шарики (черные); *l* — латекс в вакуоле с большими каучуковыми частицами (по Фрей-Висслингу)



Фиг. 3. Форма и размер частиц каучука у корневых каучуконосов

в) Часть белков сравнительно прочно связана с каучуком и не отделяется от него методами физической очистки (отмывка, центрифугирование), а лишь только химическим путем (обработка щелочью). Такая прочная связь белкового вещества с каучуком может быть объяснена наличием остатков пластиды у частиц каучука.

г) Превер и Вебер обнаружили микрохимически белковую оболочку (остатки пластиды?) у каучуковых частиц *Ficus elastica* и *Castilloa elastica*. Подобная же белковая оболочка обнаружена автором у каучуковых частиц тау-сагыза. Таким образом в отношении ряда растений можно с значительной уверенностью предполагать наличие специального пластидного аппарата, участвующего в синтезе каучука.

Вместилища терпеновых соединений

Терпены могут откладываться как в клетках основной паренхимы, так и в специальных клетках, принимающих иногда весьма своеобразный вид. Строение тканей, выделяющих терпены, изменяется в зависимости от того, содержат ли они легколетучие, жидкие или твердые соединения изопренового ряда. Летучие и жидкие терпены могут, поскольку это позволяет проницаемость клеточных мембран, выводиться из растения, в то время как твердые заключаются в ткани.

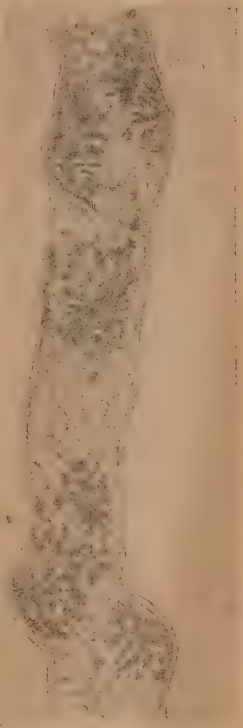
Удаление легко-летучих терпенов достигается путем прямого выделения последних особыми образованиями — железистыми волосками. Возникающие в железистых волосках терпены накапливаются между кутикулой и клетчатковым слоем оболочки до тех пор, пока под напором терпеновых веществ кутикула не лопнет и терпен не выделится наружу. Обычно железистая клетка теряет при выделении терпена кутикулу и засыхает.

Значительно более совершенным является способ выделения терпенов в межклетные пространства, изолированные от живых тканей.

Эти пространства возникают или путем раздвигания нескольких клеток вследствие растворения межклетного вещества (схизигенно), или вследствие резорбирования клеток (лизигенно). Возникшее вместилище обособляется от остальных тканей специальным слоем обкладочных клеток, выделяющих терпены в образовавшийся канал.

Межклетные вместилища могут иметь значительные размеры в длину и тогда они носят название смоляных каналов или ходов.

Фиг. 4. Локализация инулина в млечных трубках корня кок-сагыза. Сфероиды белого цвета — инулин



Фиг. 5. Локализация моносахаров в млечной трубке корня кок-сагыза. Черным обозначены озазоны моноз

Существенно важным является то, что смоляные каналы заполняются моно-, сескви- и дитерпенами и никогда не содержат каучука и других политерпенов.

Особенно ярко это выступает, например, у гваюлы, у которой смоляные каналы, наполненные эфирным маслом и смолой, не имеют каучука. Клетки же, непосредственно примыкающие к смоляному каналу, имеют, наряду с смолой и эфирным маслом, каучук.

Отсюда следует заключить, что каучук в противоположность моно-, сескви- и дитерпенам неспособен проникать через клеточную мембрану. Образование же каучука в смоляном канале невозможно потому, что последний представляет собой меж-

клетник и, как таковой, лишен протоплазмы и ядра, каучук же может образоваться лишь в живой клетке*. Как видно, это положение также находится в противоречии с взглядами Чирха о том, что терпены образуются в резиногенном слое клеточной оболочки.

Наиболее совершенным вместилищем терпенов мы считаем млечные трубки, так как они не только служат местом отложения веществ, образованных соседними тканями, но способны и сами (в виду наличия протоплазмы, ядра и других форменных элементов) производить химические реакции. Таким образом, вещества, поступающие в млечные трубки, могут изменяться последними.

По характеру возникновения и развития млечные трубки делятся на две категории: членистые и нечленистые. Членистые млечники образуются путем слияния отдельных клеток (члеников), причем соединение отдельных млечников происходит не только за счет уничтожения концевых перегородок, но весьма часто и за счет слияния выростов боковых стенок с образованием так называемых анастомозов. Нечленистая млечная система образуется путем разрастания и дихотомического ветвления особых инициальных млечных клеток, сформированных уже в зародыше семени. Из наших каучуконосов корневые (тау-, кок-, крым-сагызы) имеют членистую млечную систему, ваточник — нечленистую. Гваюла вообще лишена млечной системы.

Как членистые, так и нечленистые млечники, помимо каучука и других терпенов, могут содержать целый ряд веществ (стерины, углеводы, белки, красящие вещества и пр.) (фиг. 4, 5). Помимо млечных трубок каучук вместе с другими представителями класса терпенов накапливается также в клетках ассимилирующей ткани и основной паренхимы**. По нашему мнению, отложение каучука в этих тканях происходит у растений, совершенно не имеющих млечных трубок (гваюла) или обладающих слабо развитой млечной системой.

У каучуконосов, имеющих сильно развитую млечную систему (тау-, кок-, крым-сагызы) в ассимилирующей ткани не накапливается ощутимого количества каучука.

Место образования каучука в растении

Вопросы образования и передвижения каучука по растению привлекали внимание многих исследователей. По мнению Новикова (1932, 1933), Киселева (1934), Осипова (1937) и др., каучук образуется в ассимилирующей ткани листа, откуда затем оттекает в осевые органы, где и откладывается.

Таким образом, эти авторы считают, что образование каучука непосредственно связано с фотосинтезом и единственным местом синтеза каучука является ассимилирующая ткань листа. Роль других тканей и органов, по мнению этих авторов, сводится лишь к проведению и отложению каучука.

Несколько иное предположение высказал Ничипорович (1936, 1937), который считает, что «основной процесс образования каучука или близких к нему соединений осуществляется в листьях растений, откуда каучук в простейших формах или близко предшествующие ему соединения оттекают в млечники или ткани осевых органов, где и откладывается полноценный каучук» (1936, стр. 5). И далее автор указывает, что «Образование каучука в млечниках и паренхиматических тканях, в неассимилирующих клетках вторичной коры и сердцевины осуществляется за счет досинтезирования подготовленных в листьях близких к каучуку соединений. В неассимилирующих тканях и клетках образование каучука непосредственно из углеводов, очевидно, не осуществляется» (там же).

---

* Наличие каучука в сосудах древесины, отмеченное некоторыми авторами (например, Bobilioff, 1921; Борисов и Любименко, 1936), кажется нам артефактом, который объясняется тем, что в момент перерезывания органа растения млечный сок затягивается в сосуды древесины.

** Указание Фрей-Висслинга о том, что каучук встречается исключительно в млечном соке, неправильно. Эта ошибка объясняется, очевидно, незнакомством автора с русской литературой, в которой уже несколько лет назад (Прокофьев, 1932) было отмечено наличие каучука в ассимилирующих клетках ряда растений.

Указанные предположения возникли в значительной степени потому, что листья некоторых каучуконосов (ваточник, кендырь, золотарник, гваюла) действительно образуют каучук в ассимилирующей ткани. Однако наблюдения, проведенные нами над ваточником, кендырем и хондриллой (Прокофьев, 1932, 1936; Оболенская, 1937), показывают, что каучук в клетках ассимилирующей паренхимы накапливается непрерывно до самого конца вегетации и опадения листьев. Каких-либо суточных или сезонных уменьшений, столь характерных для мобилизуемых веществ, не было отмечено. Это свидетельствует о том, что каучук, образовавшийся в ассимилирующей клетке, не в состоянии ее покинуть. Отсутствие каучука в ситовидных трубках тау-, кок-сагыза и гваюлы также говорит против подобного передвижения каучука из листьев в осевые органы.

Возможность перемещения каучука из листьев в корень вместе с млечным соком по млечным трубкам также маловероятна. Прямые опыты, поставленные Ребен (Roeben, 1938), показали, что соли лития и красящие вещества, введенные в млечные трубки, не передвигаются. Еще более показательным кажется нам следующий факт, отмеченный нами в 1938 г. при исследовании тау-сагыза.

Корни тау-сагыза, находящиеся в покое, содержат много инулина и очень мало моно- и дисахаров. При срезании надземной массы наблюдается быстрое превращение инулина в сахар. Это совершенно естественно, так как начинающие отрастать после операции листья нуждаются в пластических веществах. В этот момент и выступает резкое различие между тканями, действительно играющими проводящую роль, и млечными сосудами. В то время как клетки паренхимы и особенно ситовидные трубки корня буквально забиты сахарами, млечные трубки последних не содержат.

Таким образом, если млечные сосуды даже в такой напряженный в жизни растения момент, как возобновление надземной массы, не участвуют в проведении пластических веществ к местам их потребления, едва ли есть какие-либо основания считать их транспортными путями растения.

Наблюдения над проростками тау- и кок-сагыза показали (Баранова, 1935; Блохинцева, 1939), что каучук образуется уже в наклюнувшихся семенах, т. е. тогда, когда семядоли еще закрыты семенной кожурой и фотосинтез отсутствует. Более взрослые сеянцы при выращивании их в темноте также образуют каучук в млечных трубках. Наконец, прямые опыты с удалением надземной массы у тау-сагыза, проведенные Мазанко (1939), показали, что даже отсутствие листьев не приостанавливает синтеза каучука в млечных трубках корня.

Все приведенные данные дают нам основание утверждать, что образование каучука у корневых каучуконосов (тау-, кок-, крым-сагызы) происходит в млечных трубках и, главным образом, в млечных трубках корня вне непосредственной связи с фотосинтезом.

Отсутствие каучука в проводящих тканях гваюлы указывает на то, что и у этого растения накопление каучука в стебле и корне есть результат деятельности паренхимных тканей этих органов, а вовсе не является следствием миграции каучука, образовавшегося в ассимилирующей ткани листа.

Отсюда мы заключаем, что образование каучука происходит у разных растений в различных живых тканях. Однако, где бы ни образовался каучук, он там же и накапливается, так как в силу своей физико-химической структуры он не способен переходить из клетки в клетку.

Связь между каучуком и другими терпенами

Наличие смолистых веществ и каучука в одних и тех же вместилищах неоднократно подчеркивалось в литературе. Этот факт тем более интересен, что отмечена обратная связь между количеством каучука и смолами. Так, например, Визнер (Wiesner, 1928) приводит данные, полученные Вебером (табл. 2).

Таблица 2

Содержание каучука и смол в млечном соке (в процентах)

Каучук	Возраст растений	Смолы
—	2 года	42,33
—	3 „	35.02
—	4 „	26,47
—	5 лет	16,18
26	6 „	
26	7 „	11,59
29	8 „	7,21
31	11 „	

В пробах млечного сока с одного и того же дерева содержание смолы равно по Веберу (Weber, 1904) (в процентах):

В листьях	7,50
» молодых ветвях	5.86
» средних »	4.88
» сильных »	3.77
» стволе	2.61

Как видно из этих данных, относительное количество смол падает с возрастом растения, а количество каучука, наоборот, возрастает.

Применяя разработанную нами методику определения показателя преломления каучукового комплекса (Прокофьев, 1936; Блохинцева, 1939), удалось показать, что подобное явление имеет место и у наших каучуконосов. Так, например, в молодых млечных сосудах кок- и крым-сагызов соотношение между смолой и каучуком менее выгодно, чем у старых. В более старых это соотношение меняется в пользу каучука. То же самое отмечено и в отношении гваюлы, у которой клетки паренхимы молодых растений вначале вообще не имеют каучука, в то время как смола и эфирное масло содержатся в значительном количестве. Только в 2—3-месячном возрасте появляются первые частицы каучука, после чего накопление его начинает обгонять накопление смолы и эфирного масла.

Таблица 3

Соотношение между каучуком, эфирным маслом и смолой в различные периоды вегетации (разновидность гваюлы латифолиум 3—4 года вегетации)

Органы растения	Соотношение веществ	Периоды вегетации					
		начало бутон. 22/V 1937 г.	цветен. и плодоношн. 3/VII 1937 г.	уход в покой 5/IX 1937 г.	уход в зимовку 25/I 1938 г.	бутон. и раннее цветение 25/V 1938 г.	плодоношение 14/VI 1938 г.
Стебель и ветки	Каучук / эф. масло	1 / 0.36	1 / 0.50	1 / 0.15	1 / 0.13	1 / 0.12	1 / 0.12
	Каучук / смола	1 / 2.8	1 / 3.0	1 / 1.2	1 / 1.6	1 / 1.2	1 / 1.2
Корень	Каучук / эф. масло	1 / 0.40	1 / 0.35	1 / 0.18	1 / 0.16	—	—
	Каучук / смола	1 / 5.0	1 / 4.4	1 / 4.1	1 / 2.4	—	—

Имеем ли мы, однако, право делать из этих фактов вывод, что «смолы являются во всяком случае промежуточным звеном в процессе образования каучука в теле растения», как это утверждают Борисов и Любименко (1936, стр. 259). Мы считаем, что по ряду соображений нельзя согласиться с выдвигаемым этими авторами положением. Только при исследовании млечного сока мы имеем дело с каучуком и смолами, находящимися в непосредственной близости. При анализе же растительного материала извлекается каучук и все смолы, в каких бы различных тканях они ни находились. В этом случае изменения относительного содержания каучука и смол не дают оснований судить об их взаимосвязи. Так, например, соотношение между каучуком и смолой в млеч-

ном соке кок-сагыза 11 : 1, соотношение же в корнях 4 : 1. Это происходит потому, что помимо млечных трубок смолы в значительном количестве содержатся в паренхимных тканях корня.

Как показали наши наблюдения, старые млечные трубки тау- и кок-сагызов содержат почти исключительно чистый каучук. Получаемый же при экстракции корней бензолом или хлороформом технический продукт всегда содержит значительное количество смол, извлекаемых растворителем из паренхимных клеток, пробковой ткани и т. д.

Поэтому установление связи каучука со «смолами вообще» — отнюдь не может помочь решению данного вопроса.

Это тем более ясно, что само понятие смолы включает в себя самые разнообразные органические группы, и рассматривать все компоненты смол, как предшественников каучука, совершенно невозможно.

Слабая изученность смолистых веществ каучуконосов не позволяет в настоящее время дать исчерпывающий ответ на вопрос о связи каучука с другими терпенами. Тем более мы считаем себя обязанными поделиться теми наблюдениями, которые нам удалось провести на гваюле.

Среди других каучуконосов гваюла занимает несколько особое место, во-первых, отсутствием у нее млечных сосудов и, во-вторых, наличием помимо каучука значительного количества смолы и эфирного масла (Прокофьев, 1936; Мошкина, 1936). Проведенное нами исследование (Прокофьев, 1939) показало, что основным компонентом эфирного масла гваюлы является бициклический терпен α-пинен, составляющий около 70% эфирного масла. Наличие эфирного масла и каучука в одних и тех же паренхимных клетках (Мошкина, 1936) делает гваюлу особенно удобным объектом для решения вопроса о связи между монотерпенами (α-пиненом) и каучуком.

За время вегетации в растениях гваюлы неуклонно увеличивается абсолютное содержание как каучука, так и эфирного масла. Однако темп накопления обоих продуктов меняется в связи с состоянием растения. У более молодых растений или находящихся в условиях хорошего водоснабжения быстрее накапливается эфирное масло. Старение клетки и недостаточное водоснабжение, наоборот, направляет процесс в сторону синтеза каучука. Последнее обстоятельство (регулирование водного режима) используется агротехникой для получения сырья с бо́льшим содержанием каучука.

Таким образом, процессы образования α-пинена и каучука являются как бы антагонистичными. Сказанное иллюстрируется табл. 4.

Объяснение подобной связи мы находим в предположении, что каучук и α-пинен образуются из одного материнского вещества изопрена. В зависимости

Таблица 4

Темпы накопления каучука и эфирного масла (α-пинена) гваюлой в различные периоды вегетации (разновидность латифолиум)

Период вегетации	Среднесуточное накопление, в мг			Соотношение $\frac{\text{каучук}}{\text{эф. масло}}$
	абсолютно-сухого вещества	каучука	эфирного масла	
Бутонизация — плодоношение (22/V — 3/VIII 1937 г.)	403	5.6	3.6	$\frac{1}{0.64}$
Период покоя (25/IX 1937 г. — 25/I 1938 г.)	104	12.7	1.1	$\frac{1}{0.09}$

от условий, ферментативный аппарат клетки образует из изопрена или монотерпен — α-пинен, или политерпен — каучук. Условия, благоприятные для течения одной из реакций, тормозят другую.

Возможность же образования каучука из других терпенов, в частности, α-пинена, представляется нам маловероятной. Известно, что каучукоподобные полимеры возникают при полимеризации изопрена и других соединений с сопряженной двойной связью: C = C — C = C.

Однако характер замещающих радикалов и порядок их расположения имеет решающее значение для образования каучукоподобных полимеров. Замечателен, например, тот факт, что фенильные производные дивинила совершенно не дают каучуков, несмотря на их исключительную склонность к полимеризации вообще. Отсутствие каучукоподобных полимеров характерно также и для циклических сопряженных систем (циклопентадиен, циклогексадиен) (Краузе, 1936).

Так как большинство терпенов является циклическими соединениями, возможность их превращения в каучук весьма сомнительна.

Превращение в каучук смоляных кислот должно затрудняться, кроме того, наличием у кислот карбоксильной группы, требующей предварительного восстановления или отщепления.

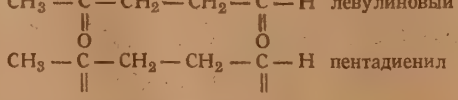
На основании изложенного, следует отдать предпочтение предположению, что различные представители терпенов и каучук связаны лишь общностью происхождения из изопрена, оставаясь, однако, обособленными ветвями.

Возможные пути синтеза каучука в растении

Прежде чем образуются в растениях те или иные представители класса терпенов, исходные материалы CO_2 и H_2O должны претерпеть в растении ряд изменений. Известно, что в качестве первых продуктов фотосинтеза образуются углеводы. Некоторый теоретический и фактический материал позволяет допустить, что в соответствующих условиях углеводы могут быть использованы для построения ненасыщенных, терпеновых углеводородов, например, каучука. Так, например, по данным Фитинга (Fitting, 1909) быстрое и сильное отдавание млечного сока у Hevea вызывает исчезновение крахмала из тканей, примыкающих к млечным сосудам. Опыты Мазанко (1939) говорят также о том, что при подсочке тау-сагыза регенерация утраченного каучука происходит за счет углеводных запасов, количество которых за время подсочки сильно падает.

Что эта связь между углеводами и каучуком не является исключением для представителей группы терпенов, свидетельствует следующий факт: при образовании каротиноидов (группа тетратерпенов) в лейко- или хлоропластах имеющиеся в последних зернышки крахмала исчезают и заменяются кристаллами каротиноидов.

По Гарриесу (Harries, 1919), каучук образуется из углеводов следующим образом: в результате энзиматического восстановления, пентозы дают пентадиенил — $CH_3 - \overset{\|}{C} - CH_2 - CH_2 - \overset{\|}{C}$, который тотчас конденсируется в соединение $(C_{10}H_{16})_x$, т. е. в каучук. Некоторый фактический материал подкрепляет гипотезу Гарриеса. Например, при разложении водой озонида каучука в числе других продуктов получается значительное количество левулинового альдегида, последний же по строению близок к вышеупомянутому пентадиенилу.

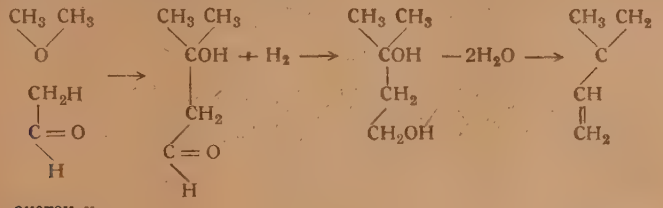


Кроме того, левулиновый альдегид и левулиновая кислота легко образуются из углеводов, и возможность такого превращения углеводов в каучук через пентадиенил теоретически допустима.

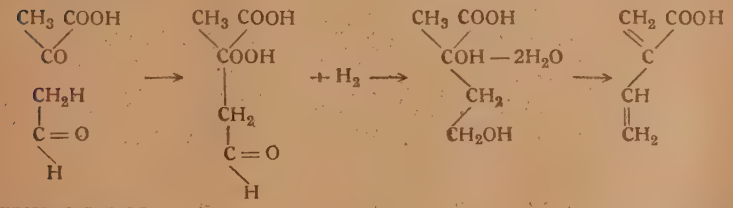
Однако более возможным кажется нам предположение Ашана (Aschan, 1929), который синтез терпенов в растении ведет через изопрен.

Исходя из таких продуктов, как уксусный альдегид, ацетон и пировиноградная кислота, Ашан через конденсацию и гидрирование (с последующей дегидратацией) приходит к изопрену и α-винилакриловой кислоте, из которых могут образовываться различные терпены.

Образование изопрена и близких к нему производных гипотетически рисуется Ашаном следующим образом:



ацетон и уксусный альдегид — изопрен



пировиноградная к-та и уксусный альдегид — α-винилакриловая кислота

Из изопрена и α-винилакриловой кислоты могут образоваться, с одной стороны, моно-, сескви-, ди- и тритерпены, с другой, — политерпены (каучук).

В пользу изопрена как материнского вещества, из которого образуются затем различные терпены, говорит химический состав последних, а также сравнительная легкость превращения изопрена в другие терпены. Как показывает работа Амброса (Ambros, 1937), превращение изопрена в каучук может иметь место и в млечных сосудах каучуконосов. Этот автор наблюдал превращение изопрена в каучук под влиянием энзимов, находящихся в серуме млечного сока тропических каучуконосов. Вводя в серум млечного сока эмульсию изопрена и насыщенную кислородом воду (в качестве активатора), Амброс отмечал усиленное, по сравнению с контролем, образование каучука *.

На основании этого, автор приходит к выводу, что серум латекса содержит особые полимеризующие энзимы, превращающие изопрен в каучук. Кислород играет при этом роль активатора реакции. Деятельность полимеризующих агентов прекращается введением в серум кислоты или ядов (синильная кислота).

Решающим моментом для выяснения роли изопрена как промежуточного звена процесса каучукообразования в растении было бы обнаружение в теле растения изопрена или близких ему продуктов. В настоящее время изопрен в растениях пока не обнаружен, что вполне понятно, так как промежуточные продукты редко накапливаются в ощутимом количестве и обычно они тотчас превращаются в более сложные соединения.

Работами Маштакова (1938) показано, что степень полимерности каучука меняется в различные периоды жизни растения. По мере старения растения степень полимерности, а в связи с этим и молекулярный вес каучука, увеличиваются.

* Контролем являлась водная эмульсия изопрена без прибавления серума млечного сока.

Таблица 5

Изменения молекулярного веса и степени полимерности каучука корней кок-сагыза в различные периоды вегетации растения

(С. М. Маштаков)

Сроки	4/VII	3/VIII	3/IX	4/X	25/X	15/XI
Молекулярный вес	60 000	100 000	136 000	170 000	190 000	250 000
Степень полимеризации	900	1 400	2 000	2 500	2 800	3 600

Изменение молекулярного веса каучука можно объяснить тем, что на первых стадиях развития растения образуется относительно низкополимерный каучук, а в последующие стадии развития все более и более высокополимерный. Отражением добавления к низкополимерным молекулам каучука молекул большей степени полимерности является увеличение суммарного молекулярного веса. Рост степени полимерности одной и той же молекулы, т. е. добавление к ней все новых и новых изопреновых групп кажется нам менее вероятным в виду насыщенного характера конечных групп молекулы.

В другой своей работе тот же автор (Маштаков, 1939) устанавливает, что каучуки различных наших каучуконосов отличаются степенью полимеризации и молекулярным весом. Наименьшим молекулярным весом обладает каучук листьев ваточника и гваюлы, образуемый паренхимными клетками, наибольшим — каучуки корневых каучуконосов кок-, тау-, крым-сагызов, синтезирующие каучук в млечных трубках.

Биологическая роль каучука

Относительно биологической роли терпенов и, в частности, каучука высказано много самых различных предположений, нередко находящихся в противоречии между собой. Эти многочисленные гипотезы можно разбить на следующие категории.

а) Терпены как защитное средство. Авторы, выдвигающие эту гипотезу, указывают на ряд отдельных фактов выполнения терпенами защитных функций. Так, например, Тиндаль считает, что испаряющееся эфирное масло уменьшает теплопрозрачность воздуха и тем самым предохраняет растение от чрезмерного нагрева. Шталь, Детте высказали мнение, что наличие эфирного масла предохраняет растение от поедания животными. Такое же значение приписывает каучуку Де-Фриз. Некоторые авторы видят в терпенах (смола, каучук) средства, тромбирующие раны и тем способствующие их заживлению. Среди советских ученых эта защитная теория также имеет своих представителей. Так, например, Боссе (1933) выдвинул предположение, что нити каучука, особенно когда они образуют поверхностный каучуковый чехол, являются средством, защищающим корень от потери влаги. Однако целый ряд наблюдений показывает, что едва ли основная масса терпенов несет приписываемую им функцию защитных веществ. Так, например, на ряду с растениями, испаряющими эфирные масла в воздух, встречается очень большое количество растений, накапливающих эфирное масло во внутренних вместилищах, что находится в противоречии со взглядами Тиндаля и др., видящих в эфирном масле средство, предохраняющее от чрезмерного испарения.

Значительное количество каучуконосов охотно поедается животными и личинками насекомых. Так, например, корни тау-сагыза и кок-сагыза сильно страдают от повреждений, наносимых им личинками хруща, проволочника и других насекомых, несмотря на исключительно высокое содержание каучука в корнях этих растений. Верблюды охотно поедают хондриллу, зайцы и слепушонки корневые каучуконосы и т. д. Как видно, все эти факты не подтверждают «защитной» гипотезы.

Едва ли также может претендовать на какое-либо широкое значение гипотеза Боссе хотя бы уже потому, что каучуковый «чехол» встречается лишь у очень немногих растений.

Таким образом, различные терпены, если и несут защитные функции, то лишь у отдельных растений. Наличие же терпенов у громадного большинства терпеноносных растений не может быть объяснено подобной «защитной» гипотезой.

б) Терпены как запасное вещество. Сравнительно немногие исследователи рассматривают терпены как запасные продукты, расходуемые растением в процессе жизнедеятельности. Так, например, Шарабо предполагает, что эфирные масла могут частично потребляться в период плодоношения. По отношению к каучуку такого же взгляда придерживается Спенс (Spense, 1909). По мнению Спенса, накопленный каучук может под влиянием ферментов перейти в усвояемые растением вещества. О том, что вообще в природе существуют ферменты, разлагающие каучук, свидетельствуют работы Спенса и Ниля (Spense and van Niel, 1936), Калиненко (1938) и др., в которых авторам удалось показать значительное разрушение каучука ферментами, выделяемыми актиномицетами, развивающимися на каучуке. Обладают ли каучуконосные растения ферментативным аппаратом подобного типа — неизвестно.

Прямые опыты, поставленные Спенсом и Мак-Каллумом (Spense and Mac Callum, 1935), Кузьминым (1938), Прокофьевым (1938) и др. дали различные результаты. Спенс и Мак-Каллум приходят к выводу, что накопленный растением каучук расходуется в процессе усиленного роста. Наши данные говорят обратное. Во всех своих наблюдениях мы всегда сталкивались с фактом неуклонного нарастания абсолютного количества каучука. Богатый фактический материал, полученный Кузьминым, также свидетельствует о нарастании каучука в растении даже в периоды усиленного роста гваюлы.

Многократная подсочка растений тау-сагыза показывает, что при удалении из растения части латекса, а тем самым и каучука, создается возможность дополнительного образования последнего за счет запасных веществ корня. При подсочках корней происходит уменьшение углеводов — количество же каучука в оставшихся, подсоченных корнях при этом даже несколько увеличивается (Мазанко, 1934).

По данным Лебедевой (1936), отрастание надземной массы у кок-сагыза не уменьшает абсолютного количества каучука в корнях растений, даже если последнее происходит в темноте.

К такому же выводу пришли Брауде (1933), Юрженко (1935), Мазанко (1938), которые, прекращая ассимиляционную работу затенением, наблюдали уменьшение углеводов, но не каучука.

Непрерывный рост каучуковых включений в листьях ваточника, кендыря, золотарника и других месекретных каучуконосов также свидетельствует о том, что в условиях нормального существования или короткого голодания каучук не включается в обмен веществ. Это дает нам основание рассматривать каучук как конечный продукт обмена веществ в растении.

в) Терпены как экскрет. Представление о терпенах как экскрете поддерживается и развивается многими исследователями [Фонроберт, 1932; Фрей-Висслинг, Борисов и Любименко (1936); Бобылев и др.].

Так, например, Фрей-Висслинг считает, что «терпены главного ряда и, по всей вероятности, также и дегидрированные тетратерпены должны рассматриваться, как конечные продукты превращения веществ, которые остаются в теле растения без определенной физиологической функции или выводятся наружу».

Борисов и Любименко, отмечая факты, говорящие о возможном использовании многих экскретов в процессе обмена веществ в растении, считают тем не менее, что основные массы экскретов (в частности, каучука) не используются и что рассматривать их как запасные вещества нельзя.

Подвергая растения тау-сагыза жесткому голоданию, Мазанко (1939) установил факт исчезновения 50% ранее бывших в корнях запасов каучука*.

* Поставленный нами опыт углеродного голодания растений гваюлы дал обратный результат. Количество каучука практически не изменилось.

Это свидетельствует о том, что, когда в растении в результате длительного голодания начинается распад нормально немобилизуемых продуктов, этот процесс захватывает и каучук.

Как видно из приведенного материала, разные исследователи приписывают терпенам (и, в частности, каучуку) различную физиологическую роль.

Между тем известно, что вещества, сходные по составу и строению, выполняют обычно и аналогичную функцию. Поэтому многообразие приписываемых терпенам физиологических функций свидетельствует скорее о недостаточности наших знаний и о том, что основная, общая для группы терпенов биологическая роль еще неизвестна.

Отсутствие терпенов у водяных растений свидетельствует, что восстановленные соединения подобного типа возникли в результате изменившихся условий существования растений на суше.

Уменьшение влаги в гваюле направляет синтез терпенов в этом растении в сторону создания политерпена — каучука — в ущерб синтезу монотерпена (α-пинена).

У малокаучуконосных разновидностей гваюлы каучука образуется мало, зато значительная часть клеток паренхимы одревесневает, т. е. пропитывается лигнином (Мошкина).

Следует отметить, что одревесневшие клетки паренхимы гваюлы каучука не содержат. И, наоборот, клетки, заполненные каучуком, эфирным маслом и смолой никогда не одревесневают. На основании работ Мошкиной (1935) разновидности *Parthenium incanum* и *P. argentatum* можно расположить в такой последовательности:

P. incanum (мариола)	P. argentatum (гваюла)	
Почти все клетки сильно одревесневают. Каучука следы	Разновидности: brevifolium, deltoideum, gracile. Одревеснением охвачена только часть клеток. Каучука до 4%	Разновидности: angustifolium, latifolium. Одревеснения клеток нет. Каучука до 10%

Как видно, признак одревеснения находится в обратной зависимости с каучуконосностью.

Если согласиться с Мошкиной, что *angustifolium* и *latifolium* филогенетически являются самыми молодыми представителями рода *Parthenium*, необходимо признать тогда также, что каучуконосность есть сравнительно недавнее приобретение растительного мира.

Последнее предположение опирается на определенные факты. Известно, что каучук встречается почти исключительно в семействах молодых (*Compositae*, *Euphorbiaceae*, *Campanulaceae*, *Asclepiadaceae* и др.).

Таким образом, наземный образ жизни растений вызвал необходимость создания восстановленных соединений в процессе жизненных отправлений. Отдельные представители родов *Taraxacum*, *Scorzonera*, *Parthenium* и др. под воздействием своеобразных условий местообитания в засушливых, суровых, горных условиях выработали соответствующую этим условиям способность образовывать политерпен — каучук, являющийся наиболее сложным представителем группы терпенов.

По нашему мнению, процесс каучукообразования непрерывно связан с основными процессами, протекающими в каучуконосном растении, обеспечивая их нормальное течение. Едва ли можно согласиться с Борисовым и Любименко, которые считают, что каучук возникает в результате каких-то побочных реакций.

Образование громадного количества каучука (например, до 40% на абсолютно сухой вес корня у тау-сагыза) подчеркивает связь процесса каучукообразования с основными жизненно-необходимыми превращениями веществ, протекающими в каучуконосных растениях.

На основании накопленных материалов мы выдвигаем следующую рабочую гипотезу: в процессе основных отправлений растительного организма возникают углеводороды типа изопрена. Дальнейшее превращение этих продуктов заключается в циклизации или полимеризации в длинные, нитевидные молекулы.

В результате получаются физиологически неактивные продукты, которые или выводятся из организма, или изолируются в теле растения. Они могут в известных случаях приносить растению пользу, выполняя ту или иную защитную роль, но основная цель их создания заключается в переводе легко подвижных, низко молекулярных углеводородов в физиологически неактивные вещества.

В результате каких жизненных процессов возникают продукты типа изопрена и что управляет интенсивностью их образования, — пока неизвестно. Остается только пожелать, чтобы исследования в этом направлении всемерно развивались.

Заключение

1. Строение молекул каучука из изопреновых остатков, возможная общность происхождения терпенов и каучука заставляют отнести последний к группе терпенов.

2. Синтез каучука происходит в живых клетках растения, именно, в протоплазме последних. Участие пластид в этом процессе весьма вероятно, но окончательно не установлено.

3. В противоположность моно-, сескви- и дитерпенам каучук неспособен проникать через клеточную мембрану.

4. Образование каучука происходит вне непосредственной связи с фотосинтезом. У корневых каучуконосов (тау-, кок-, крым-сагызы) синтез каучука осуществляется только млечной системой и, главным образом, млечными трубками корня.

5. Каучук накапливается в местах своего образования, так как в силу своей физико-химической структуры он не способен переходить из клетки в клетку.

6. Различные представители терпенов и каучука связаны лишь общностью происхождения из изопрена, оставаясь, однако, обособленными ветвями.

7. Наиболее вероятным исходным продуктом для синтеза каучука являются углеводы. Предположительно рисуется следующий путь синтеза каучука:

$$\text{моно-сахар} \rightarrow \text{ацетон, ацетальдегид} \rightarrow \text{изопрен} \rightarrow \text{каучук}$$

8. Каучуки различных растений резко отличаются друг от друга величиною молекул. Низкомолекулярные каучуки синтезируются паренхимными клетками, высокомолекулярные — млечными трубками.

9. Каучук является конечным продуктом обмена веществ в растении, нормально не используемым в дальнейшей жизни последнего.

10. Процесс каучукообразования неразрывно связан с основными процессами, протекающими в каучуконосном растении, обеспечивая их нормальное течение.

Научно-исследовательский ин-т каучуконосов.

Поступило 14.IV.1939.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Баранова Е. А., Онтогенез млечной системы тау-сагыза, Ботан. журнал СССР, т. 20, № 6, 1935.

[2] Блохинцева И. И., Определение показателя преломления каучукового комплекса с помощью микроскопа, Сб. Физиология и биохимия каучуконосов, ОНТИ, 1939.

[3] Блохинцева И. И., Анатомия и микрохимия кок-сагыза, Сб. Физиология и биохимия каучуконосов, ОНТИ, 1939.
[4] Борисов Г. И. и Любименко В. Н., Локализация, физиология образования каучука у растений, Сб. Каучук и каучуконосы, т. I, стр. 213, М.—Л., 1936.
[5] Боссе Г. Г., Биологическая роль каучука в некоторых наших растениях, Советский каучук, № 1, 1933.
[6] Брауде Н. А., Физиологическое и анатомическое исследование кок-сагыза на его естественных зарослях (рукопись 1933 г.).
[7] Калиненко В. О., Роль плесневых грибов, актиномицетов и бактерий в разрушении каучука, Микробиология, т. VII, вып. 1, 1938.
[8] Киселев Н. Н. и др., Условия образования каучука и смол и их передвижение в растении, Известия АН, № 9, 1934.
[9] Краузе В. П., Синтетический каучук, Сб. Каучук и каучуконосы, т. I, стр. 173, М.—Л., 1936.
[10] Кузьмин С. Н., Отчет лаборатории физиологии Маргушеванской НИС за 1937 г. (рукопись. Архив Института каучуконосов).
[11] Лебедева А. П., К вопросу о физиологии накопления каучука в корнях кок-сагыза, Сб. физиология и анатомия каучуконосов ВНИИКиГ, стр. 67 (М., 1936).
[12] Мазанко Ф. П., Отчет биохимич. лаборатории Атабаевской научно-исследоват. станции за 1934 г. (Архив Института каучуконосов).
[13] Мазанко Ф. П., О новом методе эксплоатации тау-сагыза, ДАН, т. XIX, № 1—2, 1938.
[14] Мазанко Ф. П., К вопросу о физиологической роли каучука у тау-сагыза и крым-сагыза, Каучук и резина, № 6, 1939.
[15] Мазанко Ф. П., Новый метод эксплоатации тау-сагыза методом отдойки, Сб. работ Физиология и биохимия каучуконосов, ГОНТИ, 1939.
[16] Мазанко Ф. П., Об образовании каучука в млечниках корней тау-сагыза, Сб. работ Физиология и биохимия каучуконосов, ОНТИ, 1939.
[17] Маштаков С. М., Качественные изменения каучука и смол в корнях кок-сагыза (Taraxacum kok-saghyz Rodin) в динамике его развития, Докл. Акад. Наук СССР, т. XIX, № 1, 1938.
[18] Маштаков С. М., Качественные изменения каучука в корнях двухлетнего кок-сагыза в динамике его развития (рукопись 1939 г.).
[19] Мошкина М. С., Микрохимическое изучение гваюлы, сб. Физиология и анатомия каучуконосов, ОНТИ, 1936.
[20] Ничипорович А. А., Основные результаты работ ВНИИКиГ по физиологии образования и накопления каучука каучуконосными растениями, Сборн. работ «Физиология и анатомия каучуконосных растений», 1936.
[21] Ничипорович А. А., Влияние минерального питания на образование и накопление каучука в растениях, Труды Моск. дома ученых, вып. 1937 г.
[22] Новиков В. А., Пути генезиса каучука, Советский каучук, № 2, 1932.
[23] Новиков В. А. и др., Ассимиляция и каучукообразование у тау-сагыза, ДАН, № 2, 1933.
[24] Новиков В. А., Накопление каучука в корнях тау-сагыза, как результат оттока из листьев, ДАН, № 4, 1934.
[25] Оболенская М. А., Несекретные включения листьев ваточника (рукопись 1937 г.).
[26] Осипов А. П., К вопросу о генезисе каучука, Известия Акад. Наук СССР № 3, стр. 983—996, 1937.
[27] Прокофьев А. А., Накопление каучука в ассимилирующей ткани, I сб. по каучуконосам под редакцией А. Р. Кизель, вып. 5, М.—Л., 1932.
[28] Прокофьев А. А., Кендырь, как каучуконос, там же.
[29] Прокофьев А. А., Анализ каучуконосных растений, часть I, Методы микроскопического анализа, ОНТИ, 1936.
[30] Прокофьев А. А., Материалы к изучению эфирного масла и смол гваюлы (рукопись 1936 г.).
[31] Прокофьев А. А., Отчет лаборатории биохимии Института каучуконосов за 1938 г. (рукопись. Архив Института каучуконосов).
[32] Прокофьев А. А., Анатомия и биохимия гваюлы (рукопись 1939 г.).
[33] Прокофьев А. А., Оболенская М. А., К микрохимич. изучению листьев ваточника (рукопись 1936 г. Архив Института каучуконосов).
[34] Фонроберт Э., Методы исследования в области естественного каучука, М., ОНТИ, 1932.
[35] Штаудингер Г., Высокомолекулярные органические соединения: каучук и целлюлоза, Л., 1935.
[36] Юрженко Г. И., Физиологическая роль каучука в обмене веществ тау- и кок-сагыза в связи с углеводным питанием (рукопись 1935 г.).
[37] Ambros, Contribution à l'étude de la formation du Caoutchouc dans la Plante. Revue génér. du Caoutchouc, organe offic. du Syndic. du Caoutch., № 133, p. 3—4, 1937.
[38] Aschan O., Naphtenverbindungen, Terpene und Campherarten, 1929.
[39] Bobilioff W., Over het voorkomen van gegoaguleerd Melksap in de houtvaten van Hevea brasiliensis, Arch. voor de Rubbercultuur in Nederland-Indie, № 4, april. 1921.
[40] Bobilioff W., Arch. Rubbercultuur Nederl. Indie 9, 313, 1925.
[41] Fitting H., Tropenpflanzen, 10, Beih. I, 1909

[42] Frey-Wissling, Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen, Berlin, 1935.
[43] Harries C., Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Kautschukarten, 1919.
[44] Popovici H., Contribution à l'étude cytologique des laticifères, Compt. Rend. Acad. Science, Paris 183, p. 143, 1926.
[45] Roeben M., Studien z. Physiologie des Milchsaftes, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 69, 4, 1928.
[46] Ruzicka M. L., L'architecture des sesqui et des polyterpenes, Bull. de la Societ. Chim. de France, série 5, t. 4, n. 8—9, 1937.
[47] Spense D., The Practical Significance of Recent Advances in the Bio-Chemistries of the Latex of Rubber Producing Plants Lectures on India Rubber, London, 1909.
[48] Spense and Mac Callum, The Function of the Rubber Hydrocarbon in the living Plant, I. R. I. Transaction, vol. XI, № 1, 1935.
[49] Spense and van Niel, The bacterial decomposition of the rubber of Hevea latex, Ind. and Engin. Chem., vol. 28, № 7, 1936.
[50] Tschirch und Stock, Die Harre, Berlin, 1933.
[51] Weber C. O., Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 33, 772, 1900; 35, 1947, 1901; 36, 3108, 1903.
[52] Weber C. O., Gummi Ztg., 19, 1904.
[53] Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, 4 Aufl., Bd. 11, Leipzig, 1928.

A. A. PROKOFIEV. RUBBER FORMATION IN PLANTS

SUMMARY

1) The structure of molecules of rubber obtained from isoprene scarps, as wel as the possible community of origin of terpenes and rubber induce us refer the latter to the group of terpenes.

2) The synthesis of rubber proceeds in the living cells of the plant, viz. in the protoplasm of these latter. That plastids take part in this process is highly probable, but has not been definitively established.

3) In contrast with mono-, sesqui-, and di-terpenes rubber is unable to penetrate through the cell membrane.

4) The rubber production process has no direct connection with photosynthesis. In plants bearing rubber with their in roots (tau-kok-krym-saghyzes) rubber is synthesized by the lacteal system only and, mainly, by the lacteal tubules of the root.

5) The rubber is accumulated at the spots of its production since, due to its physico-chemical structure, it is unable to pass from cell to cell.

6) The various representatives of terpenes and rubber are related only due to their common origin from isoprene; otherwise they are different branches.

7) The most probable initial products for the synthesis of rubber are carbohydrates. The following is a representation of the trend to follow in the synthesis of rubber:

$$\text{mono-saccharides} \rightarrow \text{acetone acetaldehyde} \rightarrow \text{isoprene} \rightarrow \text{rubber}.$$

8) The kinds of rubber derived from different plants are distinctly different from each other in size of molecules. The rubbers of low molecular weight are synthesized by parenchyme cells, while those of high molecular weight by the lacteal tubules.

9) Rubber in the final product of plant metabolism commonly left unused in the further life of the organism.

10) The rubber production is intimately connected with the main processes taking place in the rubber bearing plant and provides for the normal progress of these processes.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

П. М. СИЛИН

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ*

(*Представлено академиком* А. Н. Бахом)

Сахарная свекла как сырье для свеклосахарной промышленности должна оцениваться, конечно, с точки зрения требований производства, которые сводятся к следующему: 1) легкость переработки; 2) максимальный выход сахара; 3) минимальные потери сахара в отходах производства. Рассмотрим, от каких биохимических факторов зависит удовлетворение каждого из этих требований.

Легкость переработки свеклы

Сделаем по отдельным станциям сахарного завода обзор факторов, затрудняющих переработку свеклы.

1. Получение сока свеклы диффузионным способом идет легко, если свекла легко изрезывается и дает правильную упругую и тонкую стружку. Для этого нужно, чтобы свекла была менее волокниста, содержала менее одревеснев ших клеток, в особенности, чтобы было меньше «цветухи». Важно также, чтобы при уборке и хранении свекла, по возможности, не теряла влагу, так как вялая свекла дает плохую стружку (кроме того, такая свекла плохо хранится).

Очень важно, чтобы пектиновые вещества свеклы были более устойчивы, лишь с трудом набухали и пептизировались, так как иначе стружка свеклы при нагреве легко делается мягкой, забивает сита и замедляет движение сока через диффузоры. При этом получается диффузионный сок, богатый пектиновыми веществами (например, 0.25%, вместо 0.05%), что затрудняет работу всех дальнейших станций завода; в особенности трудной делается работа фильтрпрессов, так как приходится отфильтровывать желатинозный осадок кальциевых солей пектиновой и тетрагалактуроновой кислот.

2. Очистка диффузионного сока идет тем лучше, с тем большим эффектом, чем меньше в свекле содержится «вредных» несахаров, не удаляемых при помощи дефекации и сатурации, к которым относятся, например, аминокислоты, бетаин, ряд безазотистых органических кислот (малоновая, янтарная, глутаровая, яблочная, гликолевая), из катионов — калий и натрий. Очистка сока особенно снижается с увеличением количества: а) вредного азота (куда следует отнести общий азот за вычетом белкового азота); б) инвертного сахара; в) пектиновых веществ (перешедших в раствор).

Очищенный сок характеризуется его доброкачественностью (содержание сахара в 100 ч. сухого вещества), цветностью и содержанием солей кальция. Доброкачественность понижается с увеличением в свекле содержания «вредных» несахаров.

Цветность повышается при увеличении содержания инвертного сахара и «вредного» азота, так как инвертный сахар под действием извести при нагревании дает окрашенные коллоидные продукты осмоления (апоглюциновая и меляциновая кислоты); в присутствии же аминокислот инвертный сахар в щелочной среде дает еще более окрашенные продукты — меланоиды.

Меньшее количество вредных для производства солей кальция в очищенном

---

* Вся экспериментальная часть работы выполнена З. А. Силиной.

соке получается при малом содержании вредного азота, инвертного сахара и пектиновых веществ.

3. Выпаривание и уваривание очищенного сока идет успешнее также при лучшей его доброкачественности и при меньшем содержании солей кальция.

Резюмируя сказанное, находим, что при переработке свеклы отрицательно влияют «вредные» (неудаляемые) несахара, «вредный» (небелковый) азот, легко пептизируемая часть пектиновых веществ и инвертный сахар. Для определения вредных несахаров нами разработан метод анализа очищенного нормального сока свеклы (Силин, 1938), который достаточно прост и мог бы применяться на селекционных станциях. Небелковый (вредный) азот легко определяется при помощи простого колориметрического метода (по интенсивности голубой окраски комплексных соединений с ионом меди), разработанного Станеком ([8]), или методом формольного потенциометрического титрования ([9]).

Количество легко пептизируемых пектиновых веществ можно определить по Нахмановичу и Берману (1936), или колориметрически — по Силину (1932), или бромным методом по Литваку (1936); сюда же относится и определение легко пептизируемых коллоидов свеклы по Думанскому и Симоновой (1934). Для определения инвертного сахара в свекле можно рекомендовать метод Офнера ([7]).

Перечисленные показатели качества свеклы в зависимости от ее сорта, степени зрелости, условий вегетации и условий хранения колеблются в весьма широких пределах. Доброкачественность очищенного сока для свежей, неиспорченной свеклы (в зависимости от сорта и условий вегетации) может колебаться от 89 до 95, т. е. количество неудаляемого (вредного) несахара на 100 ч. сахара колеблется от 12.4 до 5.3 (следовательно, имеем колебания в 2.3 раза). Количество небелкового азота колеблется от 0.06 до 0.24%, т. е. в 4 раза. Количество инвертного сахара варьирует от 0.05 до 0.20% (в незрелой свекле — больше), а для подмороженной и оттаявшей свеклы может подниматься до 0.5% и выше. Пектиновых веществ в растворенном состоянии в зрелой свекле нет, а в незрелой содержание их может достигать 0.10%; нерастворенные пектиновые вещества содержат различное количество легко пептизируемых пектинов (например, от 0.05 до 0.09 по весу свеклы).

Для успешной переработки свекла не должна быть ни деревянистой (волокнистой), ни вялой. Однако с точки зрения возможности переработки свеклы на заводе абсолютных препятствий нет. Любая свекла может быть переработана, но выход сахара и потери сахара в отходах производства находятся в прямой зависимости от химического состава свеклы.

Выход сахара

Заводской выход сахара из свеклы зависит прежде всего от содержания сахара в свекле, которое является важнейшим показателем при технической оценке сахарной свеклы и для определения которого имеется хорошо разработанная методика.

Однако, чтобы определить выход сахара из свеклы, нужно учесть потери его в отходах и вычесть из общего содержания сахара в свекле. Таким образом, выход зависит не только от содержания сахара в свекле, но и от потерь сахара в отходах производства. Необходимо проанализировать, как потери сахара в отходах связаны с химическим составом свеклы.

Потери сахара

При свеклосахарном производстве некоторая часть сахара теряется: 1) в отходах диффузии (жом и диффузионная вода) — около 0.3% по весу свеклы; 2) в фильтр-прессной грязи (отход, получаемый при очистке сока) — около 0.1% по свекле; 3) в патоке — маточном растворе после повторной кристаллизации сахарозы — около 1.6% по весу свеклы (с колебаниями от 1.4 до 2—3%).

Потери на диффузии зависят, в основном, от качества получаемой свекловичной стружки, т. е. при одинаковых условиях переработки будут

больше для свеклы волокнистой или вялой. Однако, увеличивая количество воды для обессахаривания стружки (т. е. увеличивая «откачку»), всегда можно и при грубой стружке снизить потери на диффузии. Это будет лишь связано с излишней затратой топлива на выпаривание воды из более разбавленных соков.

Потери в фильтр-прессной грязи возрастают с увеличением количества грязи, а оно зависит от количества применяемой извести, которое повышается с уменьшением доброкачественности получаемого очищенного сока. Особенно растут затруднения с фильтрацией и увеличиваются потери в грязи при наличии большого количества переходящих в раствор пектиновых веществ. Однако все же потери в грязи при правильной работе на дефекации и сатурации обычно невелики и, кроме того, также всегда могут быть снижены путем более тщательного промывания грязи.

Потеря сахара в патоке является основным источником потерь свеклосахарного производства: она составляет обычно около 75% от суммы всех потерь.

Иногда при небрежной работе завода потеря в патоке увеличивается чрезмерно. Борьбу за снижение потерь в патоке необходимо вести путем улучшения работы и контроля станции уваривания и кристаллизации ([5, 6]). Потери сахара в патоке зависят не только от качества работы завода и не могут быть снижены до любого предела путем улучшения методов переработки.

Размер потерь сахара в патоке зависит (при одинаково хорошей работе завода), главным образом, от качества свеклы, от ее химического состава. Поэтому необходимо уделить максимум внимания вопросу патокообразования.

Теория патокообразования

«Вредный» (неудаляемый известью) несахар свеклы проходит через все станции завода и концентрируется в патоке, куда он уносит с собою и часть сахара. Количество сахара в патоке, приходящееся на единицу несахаров патоки, называется патокообразовательным коэффициентом. Пусть, например, доброкачественность патоки равна 57.0, т. е. на 100 ч. сухого вещества ее содержится 57.0 ч. сахара и 100—57.0 = 43.0 ч. несахара. Для такой патоки патокообразовательный коэффициент $= \frac{57.0}{43.0} = 1.33$. При повышении доброкачественности патоки патокообразовательный коэффициент, очевидно, увеличивается, например, если доброкачественность = 62.0, то патокообразовательный коэффициент $= \frac{62}{38} = 1.63$, т. е. гораздо больше. Чем больше патокообразовательный коэффициент, тем больше сахара будет потеряно в патоке при одном и том же количестве неудаляемых (вредных) несахаров в свекле.

Относительно химизма патокообразования выдвинут ряд теорий.

Все еще весьма распространено мнение проф. Андрлика, который считает, что сахароза в патоке удерживается от кристаллизации «вредным» азотом, на 1 ч. которого теряется в патоке 25 ч. сахара. Между тем это мнение не находит экспериментального подтверждения в анализах паток: на 1 ч. азота патоки содержат в действительности весьма различное количество сахара — от 20 до 30 частей.

Имея в виду, что сахароза может с металлами давать сахараты, часто считают (например, проф. Смоленский), что потеря сахара в патоке равна количеству «вредной» (неудаляемой) золы свеклы, умноженному на 5 (а количество золы приблизительно пропорционально количеству окислов металлов). Однако следует заметить, что в конце производства, как известно, потери в патоке значительно возрастают, хотя количество золы в свекле остается прежним. Следовательно, и органические несахара, образующиеся в свекле при ее хранении путем разложения сахарозы, обладают также патокообразующим действием. Известно также, что патока, зола которой содержит больше кальция, всегда имеет меньшую доброкачественность. Следовательно, различная зола имеет различную способность связывать сахар.

Наконец, проф. Дедек утверждает, что сахароза в патоке удерживается от кристаллизации лишь калием и натрием, причем при правильной работе завода

на каждый атом калия или натрия остается в патоке точно одна молекула сахарозы. Этому утверждению также противоречит факт увеличения потерь сахара в патоке к концу производства, хотя количество калия и натрия в свекле остается прежним.

Нами предложена (Силин, 1938) физико-химическая теория патокообразования. Вопрос об «идеальных» патоках (т. е. совершенно неспособных к кристаллизации) нами не рассматривается, так как в действительности из любой патоки при дальнейшем выпаривании воды можно выкристаллизовывать сахарозу. Если этого не делают на заводе, то лишь потому, что патоки, получаемые при дальнейшей кристаллизации, оказываются все более и более вязкими, что весьма затрудняет отделение их на центрофуге от кристаллов сахара. Таким образом, при некоторых условиях получается патока, из которой на данном уровне техники уже нерентабельно дальнейшее получение сахара методом кристаллизации.

С этой точки зрения всякий несахар является патокообразователем, так как своим присутствием он повышает концентрацию и вязкость кристаллизующегося раствора. Поэтому всякий неудаляемый «вредный» несахар увеличивает потери сахара в патоке, и при меньшей доброкачественности очищенного сока (или сиропа) увеличиваются потери сахара в патоке.

«Нормальной» патокой при современных условиях производства следует считать раствор сахара и несахаров, содержащий 82% сухих веществ (определенных рефрактометрически) и являющийся при 40° С насыщенным раствором по отношению к сахару. Дальнейшее сгущение (выше 82%) и кристаллизация уже вызывают затруднения при фуговке в центрофугах.

«Нормальная» патока содержит определенное количество сахара и имеет вполне определенную доброкачественность, которую и следует считать «нормальной» доброкачественностью. Нами разработан простой метод для определения в лаборатории «нормальной» доброкачественности патоки (1938). Если патока завода имеет доброкачественность выше нормальной, то, следовательно, в патоке теряется сахара больше нормы, и работа кристаллизации неудовлетворительна.

Для разной свеклы нормальная доброкачественность патоки различна, так как она зависит от качества несахаров, от их способности повышать (или понижать) растворимость сахара. В нормальной патоке содержится 82% сухих веществ и, следовательно, 18% воды; в этой воде при 40° С могло бы раствориться $18 \times 2.38\%$ сахарозы, если бы не было несахаров (2.38 ч. сахара растворяется при 40° С в 1 ч. воды). Но так как несахара повышают растворимость в α раз (α — так называемый коэффициент насыщения), то в действительности в растворе оказывается $18 \times 2.38 \cdot \alpha\%$ сахара. Доброкачественность же (нормальная) $= \frac{18 \times 2.38 \cdot \alpha \cdot 100}{82}$.

Как видим, действительно, нормальная доброкачественность зависит от коэффициента насыщения α, который может колебаться в зависимости от качества несахаров от 1.0 до 1.25 (обычно бывает около 1.1); соответственно и нормальная доброкачественность патоки колеблется от 52 до 65, а патокообразовательный коэффициент от 1.08 до 1.86.

Для выяснения вопроса, как влияют различные вещества на доброкачественность нормальной патоки, мы давали различные добавки к одной и той же патоке Рамонского сахарного завода, определив предварительно ее нормальную доброкачественность. После добавок нормальная доброкачественность определялась вновь и оказывалась или выше или ниже, чем раньше. Эти изменения доброкачественности, найденные экспериментально, приведены в табл. 1 (в пересчете на одинаковую добавку в 1% по весу несахара патоки).

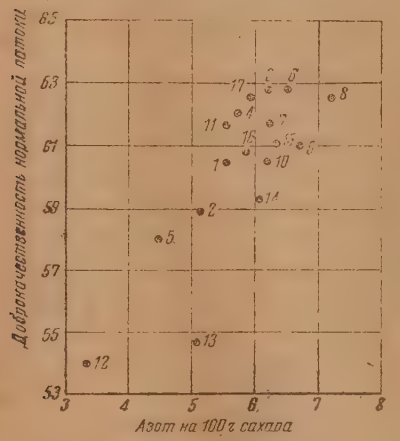
Соли калия обладают большим патокообразующим действием (сильнее повышают доброкачественность патоки), чем соли натрия. Наименьшими патокообразователями являются соли кальция. Большое влияние на патокообразовательное действие несахаров оказывает и анион (в противовес воззрениям Дедека). Гидроксил-ион является наиболее энергичным патокообразователем (образова-

Таблица 1

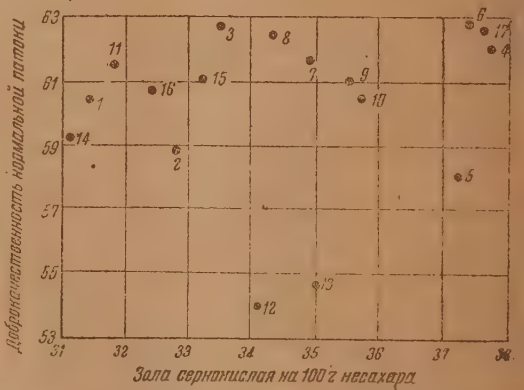
Добавленное вещество	NaOH	K_2CO_3	Na_2CO_3	KCH_3COO	KCl	NaCl	$NaCH_3COO$
Изменение нормальной доброкачественности	+ 0.56	+ 0.21	+ 0.15	+ 0.14	+ 0.12	+ 0.12	+ 0.7

Добавленное вещество	Калий глютам. кисл.	Бетаин	Натрий глютам. кисл.	Калий молочн. кисл.	Натрий молочн. кисл.	KNO_3	$NaNO_3$	Кальций глютам. кисл.	Кальций молочн. кисл.
Изменение нормальной доброкачественности	— 0.06	— 0.06	— 0.09	— 0.10	— 0.11	— 0.11	— 0.17	— 0.25	— 0.26

ние сахаратов), затем следуют имеющие вследствие гидролиза сильную щелочную реакцию карбонаты калия и натрия. Анионы органических кислот (молочной и глютаминовой) — сравнительно слабые патокообразователи; также и бетаин. «Вредный азот», таким образом, не проявляет особо отрицательного действия.



Фиг. 1. Доброкачественность нормальной патоки в зависимости от содержания азота

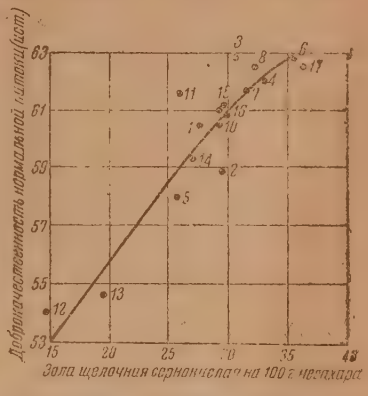


Фиг. 2. Доброкачественность нормальной патоки в зависимости от содержания золы сернокислой

Определив нормальную доброкачественность паток ряда заводов (Казахстан, Воронежская обл., Украина, Германия, Франция), мы пытались сопоставить ее с содержанием азота, золы общей и золы щелочной (т. е. калийной и натриевой) среди несахаров патоки. Результаты сопоставления нанесены на диаграммах (фиг. 1, 2 и 3).

Итак, между содержанием азота и доброкачественностью имеется лишь весьма слабая, колеблющаяся зависимость. Несколько более определенная зависимость наблюдается между содержанием щелочной золы и доброкачественностью (фиг. 3).

Таким образом, ближе к действительности теория Дедека, но и здесь расхождения слишком велики, что и понятно из предыдущего: 1) в патокообразовании играют роль не только катионы, но и анионы; 2) нельзя приписывать патокообразующее действие лишь какому-нибудь одному несахару, так как всякий несахар является патокообразователем. Патокообразование — процесс весьма сложный. Поэтому для точного выяснения патокообразующего действия несахаров данной свеклы проще всего путем кристаллизации определить нормальную доброкачественность патоки. Никакие иные химические исследования при современном уровне наших знаний не приводят к цели.



Фиг. 3. Доброкачественность нормальной патоки в зависимости от содержания золы щелочной сернокислой

Лабораторная оценка свеклы

При оценке сахарной свеклы главнейшим показателем является, конечно, содержание в ней сахара. Оно и определяется и в заводских лабораториях и на селекционных и с.-х. опытных станциях.

Ряд химических исследований может дать ценные указания относительно качества свеклы и легкости ее переработки. Таковы определения вредного азота, инвертного сахара, пектиновых веществ и коллоидов в дигестионном соке, определение золы. Однако определения эти все же слишком сложны, и каждое из них лишь частично характеризует свеклу. Сумма таких определений все-таки не дает ответа на главный вопрос при оценке свеклы — на вопрос о возможных потерях сахара в патоке и о выходе сахара из данной свеклы.

Для оценки чистоты сока свеклы обычно определяют доброкачественность выжатого из нее так называемого «нормального» сока. Это определение также не дает удовлетворительных результатов, так как, зная доброкачественность нормального сока, мы все же не можем сказать, какова же будет его доброкачественность после очистки, а только эта последняя и имеет значение для производства. Столь же мало удовлетворяет рекомендуемое иногда определение доброкачественности дигестионного сока свеклы.

Потери сахара в патоке определяются двумя показателями: 1) количеством остающегося в очищенном соке или сиропе неудаляемого вредного несахара или, иначе говоря, доброкачественностью очищенного сока и 2) патокообразовательным коэффициентом несахаров или связанной с ним нормальной доброкачественностью патоки. Чем выше доброкачественность очищенного сока и чем ниже доброкачественность нормальной патоки, тем ниже будут потери сахара в патоке при переработке данной свеклы. Особенно важен первый из показателей: хорошая свекла должна давать очищенный сок высокой доброкачественности.

Руководствуясь этими соображениями, кафедра сахаристых веществ Воронежского химико-технологического института предложила 2 метода лабораторного испытания технологических свойств сахарной свеклы. Один из этих методов весьма прост и пригоден для текущего заводского контроля и для селекционных станций. Это — определение доброкачественности очищенного нормального сока свеклы (Силин, 1938). Небольшое количество выжатого из истертой свеклы сока (нормального сока) нагревают до 90° С, прибавляют 1% извести в виде известкового молока (дефекация) и через 5 мин. фильтруют через плоеный фильтр. Фильтрат насыщают углекислотой до нейтральной реакции на фенол-фталеин (капля на фенол-фталеиновой бумажке), кипятят 5 мин. для разложения бикарбоната кальция и фильтруют. Определяют в фильтрате сухие вещества рефрактометром (лучше всего погружаемым), процент сахара и доброкачественность. Последняя очень близка к доброкачественности заводского сока

II сатурации из той же свеклы. Окраска такого сока и содержание солей кальция будут выше, чем у сока II сатурации, так как при примитивной очистке нормального сока нет заводской I сатурации и связанной с нею адсорбции красящих веществ и солей кальция. Таким образом, этот метод дает нам важнейший показатель качества свеклы, влияющий на размер потерь сахара в патоке — доброкачественность очищенного сока свеклы. Другой показатель — доброкачественность кормовой патоки — остается неизвестным.

Для более полной и всесторонней характеристики свеклы обычно применяют переработку ее на опытных полузаводских установках. Таковы установки Центрального научно-исследовательского института сахарной промышленности в Москве и Украинского филиала того же института в Киеве. Аналогичными станциями меньшего размера обзаводятся и с.-х. опытные и селекционные станции (например, Первомайская — на Кубани и Рамонская). По оборудованию и методам работы такие опытные заводы представляют собою, по возможности, копию обычного сахарного завода. Метод переработки свеклы на полузаводских установках имеет ряд недостатков: 1) установки дороги и сложны; 2) по сравнению с сахарным заводом они все-таки являются весьма несовершенными и кустарными; 3) для работы требуется несколько человек рабочих, от качества работы которых зависит получаемый результат; 4) для испытания требуется значительное количество свеклы.

Принимая во внимание недостатки полузаводских испытаний свеклы, мы разработали лабораторный метод переработки свеклы. Он может выполняться одним квалифицированным сотрудником, требует не более 5 кг свеклы (лишь для большей надежности средней пробы можно брать 10 кг). Заводская аппаратура и методика при этом испытании свеклы не копируются; все внимание направлено лишь на то, чтобы четко проходили технологические процессы и были идентичны с процессами, идущими на заводе при хорошей работе.

Проба свеклы моется и изрезывается на свеклорезке. В качестве свеклорезки применяется обычная сельскохозяйственная корнерезка, в которую вставлены 4 заводских, диффузионных ножа. Проба свеклы (5—10 кг) изрезывается на такой ручной свеклорезке за 5 минут. Самое лучшее изрезывать лишь половинки корней пробы свеклы, разрезанных пополам вдоль. Другая половинка каждого корня истирается вдоль до половины на терке (следовательно, истиранию подвергается лишь четверть каждого корня). Полученная на терке мязга служит для определения процента сахара в свекле методом горячей водной дигестии (Силин, 1938).

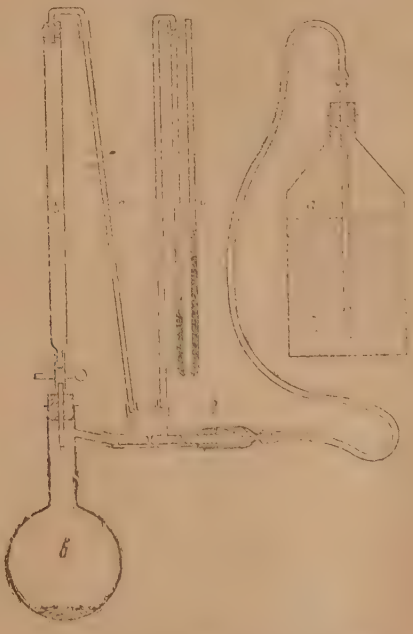
Свекловичная стружка, полученная на свеклорезке, идет для получения диффузионного сока на лабораторной диффузионной батарее, состоящей из 10 цилиндрических металлических сосудов диаметром 50 мм и длиной 200 мм с каучуковыми пробками (фиг. 4). Сквозь пробку пропущена медная трубка *a*, к дну прикреплена другая отводная трубка *b*. На трубки *a* и *b* надеваются каучуковые трубочки, соединяющие между собой отдельные диффузоры в батарею. Все диффузоры подвешиваются при помощи крючков *c* внутрь общей водяной ванны (цилиндрический сосуд; крючки *c* прицепляются к его краям). Ванна подогревается горелкой, и температура поддерживается равной 85° С. Напорный водяной бак устанавливается на 0.8—1 м выше водяной ванны, и температура в нем особой горелкой поддерживается 60—70° С. На дно диффузора вокруг трубки жесткая металлическая сетка, на которую и нагружается свекловичная стружка. Набивка стружкой делается довольно плотной и равномерной (около 190—200 г на диффузор). Переставляя каучуковые трубки, легко провести все операции обычной работы на диффузионной батарее сахарного завода, т. е. наполнение диффузора соком снизу вверх, включение в циркуляционную цепь (при этом сок движется уже сверху вниз) и отбор сока, который делается в размере 200 см³ (в мерный цилиндр) с каждого диффузора. Через каждые 5—6 м включается свежий диффузор (оборот батареи 50—60 мин.).

Обычно достаточно для полной переработки свеклы получить 3—4 л диффузионного сока. Потери сахара при получении диффузионного сока не опреде-

ляются, так как они не характеризуют свеклу. Анализ диффузионного сока также особого интереса не представляет.

Полученный диффузионный сок немедленно подвергают предварительной дефекации до pH = 11. Необходимое для предварительной дефекации количество известкового молока определяется особой пробой: к 100 см³ сока приба-

Фиг. 4. Диффузор



Фиг. 5. Лабораторная сатурация

вляют 0.3 г извести (это — больше, чем требуется для предварительной дефекации) в виде титрованного известкового молока (10 г CaO в 100 см³); затем раствор при перемешивании быстро нагревают до 90° С и оттитровывают обратно избыток извести при помощи $^1/_2$ норм. соляной кислоты, пользуясь в качестве индикатора тимолфталеиновой бумажкой (pH = 11 при получении бледноголубой окраски). Определенное таким образом количество известкового молока прибавляется затем по расчету ко всему полученному диффузионному соку.

Затем сок предварительной дефекации порциями по 800 см³ — 1000 см³ подвергают быстрому нагреву (минут 5—10) до 90° С и дают 1% извести (по соку) в виде известкового молока для главной дефекации, которая длится (при перемешивании, но без подогрева) 5 мин. В качестве дефекатора (он же и сатуратор) применяется металлический сосуд (фиг. 5а) с горлом, которое при сатурации закрывается герметически каучуковой пробкой; емкость дефекатора — около 1.5 литра.

I сатурация является наиболее тонкой, требующей внимания к операции при очистке сока. Углекислота для сатурации получается действием соляной кислоты (разбавленная в 2.5 раза по объему концентрированная соляная кислота) на избыток бикарбоната натрия:

$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2$$

Сода прибавляется в количестве около 25 г в порцелиновую колбу *b* (фиг. 5) емкостью 500 см³. Соляная кислота льется из бюретки с емкостью 50 см³. Чтобы заранее знать приблизительно, какое количество соляной кислоты необ-

ходимо для сатурации, титруют предварительно такое же количество известкового молока, какое задается в дефекатор, той же соляной кислотой с индикатором фенол-фталеином (глухой опыт).

Пусть на титрование пошло 76 см³ кислоты; следовательно при сатурации потребуется $\frac{76}{2} = 38$ см³ кислоты (так как там молекула одноосновной соляной кислоты выделяет из бикарбоната молекулу двухосновной угольной кислоты).

При выполнении сатурации предварительно выпускают из бюретки 6 см³ соляной кислоты, позволяя образующейся углекислоте выделиться на воздух. Таким образом, из всей системы воздух вытесняется углекислотой. Затем опускают газоотводную трубку в дефеко-сатуратор *а*, но не погружают в налитый в него сок и прибавляют еще 3 см³ кислоты. Выделяющаяся при этом углекислота вытесняет часть воздуха из дефекатора (эти 3 см³ кислоты идут уже в счет кислоты, расходуемой на сатурацию). Наконец, замыкают горло дефекатора герметически пробкой с газоприводной трубкой, понемногу приливают соляную кислоту и, когда ртутный манометр *d* покажет небольшое повышение давления, начинают энергично встряхивать дефеко-сатуратор, не позволяя давлению возрастать более, например, 10—12 см ртутного столба (временами приостанавливают и приток кислоты, чтобы снизить давление). Когда вся заранее определенная порция кислоты добавлена и давление понизилось (лишь 1—1.5 см), открывают пробку и пробуют сок на тимол-фталеиновую бумажку (пробу сока извлекают пипеткой). Если окраска еще яркосиняя (pH > 11), то добавляют углекислоты, спуская на соду из бюретки еще 0.5—1.0 см³ соляной кислоты и держа трубку над жидкостью; затем трубку убирают, колбу закрывают другой пробкой (без трубки), встряхивают 1 мин. и снова пробуют на тимол-фталеин. Так повторяют, пока не получится бледноголубая окраска с тимол-фталеином (pH = 11).

В таком приборе процесс сатурации занимает всего 5—7 мин. Прибор имеет ватный фильтр *е*, чтобы брызги жидкости из колбы Вюрца не попали с газом в сатуратор. Трубка *f* служит для того, чтобы давление газа, имеющееся в колбе Вюрца, передать в верхнюю часть бюретки с кислотой, так как иначе кислоту не удастся ввести в колбу Вюрца (нужно следить, чтобы пробка, затыкающая бюретку, сидела крепко, иначе она может выскочить под давлением газа, причем выбрасывается из бюретки также и вся кислота).

Отсатурированный сок фильтруют через большой складчатый фильтр или через воронку Бюхнера под разрежением. Промывания грязи не требуется, так как потери в ней не имеют значения.

Сок I сатурации подвергают насыщению углекислотой (из аппарата Киппа) до нейтральной реакции на фенол-фталеин (II сатурация), кипятят 10 мин. для разложения бикарбоната кальция и фильтруют. Этот сок II сатурации можно оставить до следующего дня для дальнейшей переработки. Сок II сатурации подвергают исследованию, определяя сухие вещества (лучше всего погружаемым рефрактометром), сахар, доброкачественность, цветность, соли кальция (остаточные) и щелочность (оптимальная). Все это дает ценные показатели, характеризующие качество и технологические отношения свеклы.

Выпаривание сока II сатурации (до 60—65% по рефрактометру) производят в медном или алюминиевом тазу, на сильном огне, не допуская, однако, нагревания боковых стенок таза выше уровня сока, что могло бы вызвать пригорание. Таким образом удается за 30 мин. выпарить сок до состояния сиропа, причем цветность нарастает не больше, чем в заводских условиях (на 30—40%).

Уваривание для кристаллизации сахара можно вести или под разрежением или на кипящей водяной бане в широкой и плоской фарфоровой чашке при непрерывном перемешивании. Сгущение ведут до концентрации 85% сухих веществ по рефрактометру и сливают сгущенную массу в горячий сосуд Дьюара. Для затравки дают немного сахарной пудры, закрывают сосуд каучуковой пробкой и помещают на 12 час. в медленно вращающийся станок (1 оборот в минуту, лучше — меньше). При медленном охлаждении до комнатной температуры сахар кристаллизуется и получается масса, аналогичная утфелю I кристаллизации.

Отделение оттека производится путем центрофугирования в стаканчиках, имеющих вкладыши с дырчатым дном (Силин, 1938) (стр. 162). Удобна лабораторная центрофуга с электрическим двигателем.

Оттек утфеля I вновь уваривается на водяной бане до 86—87% сухих веществ и кристаллизуется 12 час. в сосуде Дьюара. Полученный при этом оттек (в количестве 30—40 г) по доброкачественности уже близок к нормальной патоке. Он сгущается до 83% по рефрактометру и с добавкой 20% сахарного песка кристаллизуется в термостате при 40° С для определения нормальной доброкачественности патоки данной свеклы (Силин, 1938) (стр. 170). Таким образом, находим и этот важный показатель для характеристики свеклы.

Для получения более полной технологической характеристики свеклы и для точного определения потери сахара в патоке рекомендуется сделать более подробный анализ сиропа и нормальной патоки. В сиропе определяются: сухие вещества (рефрактометром), сахар, цветность, щелочность, зола (электрометрически (7), стр. 80) и соли кальция (мыльным раствором). В нормальной патоке определяются, кроме сухих веществ, сахара и доброкачественности, еще зола (электрометрически) и соли кальция. Содержание CaO в сиропе и в патоке пересчитывается на $CaCO_3$ и вычитается из содержания золы; таким образом, находят приблизительное содержание «щелочной» (калийной и натриевой) золы. Эта «щелочная» зола из сиропа целиком переходит в патоку и поэтому может служить основанием для вычисления потерь сахара в патоке.

Для этого определяют, сколько сахара приходится в нормальной патоке на 1 ч. щелочной золы (патокообразовательный коэффициент золы). Умножая на этот коэффициент содержание щелочной золы сиропа, находят, сколько сахара по весу сиропа будет потеряно в патоке; далее рассчитывают потерю сахара в патоке на 100 ч. сахара сиропа и, наконец, на 100 ч. свеклы.

Потери сахара на диффузии можно считать равными 0.3%, а в фильтрпрессной грязи — 0.1% по весу свеклы, так как они при любой свекле могут быть снижены до этих величин. Кроме того, можно учесть неопределяемые потери сахара в размере 0.2% и, наконец, вычтя из содержания сахара все потери, найти нормальный для данной свеклы выход сахара в процентах и вычислить, какой процент от всего сахара свеклы, принятого за 100, будет получен при нормальной работе завода (нормальный коэффициент завода).

Таким образом, были, например, переработаны 2 образца свеклы, выращенные даже из одинаковых семян, но в различных условиях вегетации на опытных делянках Воронежского с.-х. института.

Найдено (табл. 2):

Таблица 2

Потери сахара и выход его	Свекла № 1		Свекла № 2	
	на 100 ч. свеклы	на 100 ч. сахара	на 100 ч. свеклы	на 100 ч. сахара
Сахар в свекле	17.80	100	18.60	100
Потери в патоке	2.57	14.4	1.89	10.2
Прочие потери	0.60	3.4	0.60	3.2
Выход сахара	14.63	82.2	16.11	86.6

Доброкачественность сиропа для первой свеклы 89.9 и для второй — 94.0; доброкачественность нормальной патоки — 61.3 и 59.2. Разница по всем показателям столь разительна, что делается совершенно ясной необходимость уделить самое серьезное внимание вопросу всестороннего изучения качества сахарной свеклы.

В настоящее время нами заканчивается разработка и проверка методики изложенного лабораторного испытания свеклы: влияние длительности дефекации и сатурации, оборота диффузионной батареи и отбора диффузионного сока, температуры диффундирования, количества извести для дефекации. Влияние перечисленных факторов при не слишком большом отступлении от нормальных условий работы, оказывается, в общем, не столь существенным.

Между прочим произведено было сравнение результатов лабораторной очистки сока (при 1% извести) с результатами заводской очистки того же диффузионного сока на Рамонском сахарном заводе. Результаты таковы (табл. 3):

Таблица 3

Сравнение лабораторной и заводской очистки сока

Опыт		1		2		3		4		5	
		Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.
Доброкачественность		90.5	90.1	89.7	89.4	90.3	89.8	90.1	91.1	89.0	89.0
На 100 ч. сух. вещ.	Цветн. . .	25.1	21.1	21.1	24.3	21.7	21.9	17.3	22.2	20.9	23.7
	Соли CaO .	0.051	0.047	0.063	0.085	0.050	0.040	0.037	0.050	0.063	0.069

6		7		8		9		10		Среднее	
Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.	Лаб.	Зав.
90.2	89.9	88.2	88.2	88.6	88.0	88.8	88.7	88.5	88.6	89.39	89.28
20.4	21.9	22.5	23.1	29.4	26.0	28.6	23.7	33.1	28.4	24.03	23.63
0.060	0.085	0.078	0.096	0.082	0.104	0.093	0.117	0.099	0.086	0.068	0.078

Как видим, лабораторная очистка сока дает результаты, чрезвычайно близкие к тем, какие получаются на заводе.

Было также проведено сравнение сока, получаемого при очистке нормального сока свеклы, с соком, полученным при очистке диффузионного сока из той же свеклы (табл. 4):

Таблица 4

Сравнение очищенного нормального и очищенного диффузионного сока той же свеклы

Опыт		1	2	3	4	5	6	7	8
Очищенный нормальный сок	Доброкачеств. . .	93.3	88.4	93.2	90.5	93.7	92.8	89.7	93.7
	Цветн. на 100 ч. сух. вещ. . . .	20.4	21.1	16.7	17.5	20.4	18.6	25.8	14.4
	CaO на 100 ч. сух. вещ. . . .	0.108	0.187	0.130	0.125	0.145	0.086	0.272	0.097
Очищенный диффузионный сок	Доброкачеств. . .	93.3	88.2	92.7	90.4	93.2	92.1	89.4	93.3
	Цветн. на 100 ч. сух. вещ. . . .	10.9	13.6	13.0	13.1	20.2	14.6	17.5	8.8
	CaO на 100 ч. сух. вещ. . . .	0.056	0.134	0.118	0.116	0.162	0.097	0.125	0.052

Из таблицы видно, что доброкачественность очищенного нормального сока весьма близка к таковой же очищенного диффузионного сока. Поэтому для характеристики качества сахарной свеклы вполне целесообразно определять доброкачественность очищенного нормального сока, что является определением очень несложным. Но цветность и содержание солей кальция очищенного нормального сока сильно отличаются от соответствующих показателей очищенного диффузионного сока; поэтому определение цветности и солей кальция в очищенном нормальном соке может быть опущено.

Выводы

1. При оценке сахарной свеклы необходимо обращать внимание не только на содержание сахара, но и на доброкачественность очищенного сока, а также на доброкачественность получаемой нормальной патоки.

2. В первую очередь следует для оценки свеклы рекомендовать сельскохозяйственным и селекционным станциям весьма простое определение доброкачественности очищенного нормального сока свеклы.

3. Для углубленного всестороннего изучения технологических свойств свеклы удобен и дает точные результаты метод лабораторной переработки свеклы.

4. Метод лабораторной переработки свеклы позволяет развернуть работу по изучению причин многопаточности ряда заводов и районов свеклосеяния.

5. Тот же метод должен быть применен к изучению хранения свеклы как свежей, так и в замороженном состоянии.

Химико-технологический институт.
Воронеж.

Поступило
14. IV.1939

ЛИТЕРАТУРА

[1] Думанский А. В. и Симонова Е. Ф., Изв. коллоидного ин-та (Воронеж), вып. 1, 26, 1934.
[2] Литвак И. М., Сов. сахар, № 11, стр. 40, 1936.
[3] Нахманович М. И. и Берман С. Л., Научн. Записки по свеклосахарн. пром., № 4, 280, 1936.
[4] Силин П. М., Сов. сахар, № 8—9, стр. 55, 1932.
[5] Силин П. М., Труды заводских и групповых лабораторий, вып. 1, Воронеж, стр. 112, 1934.
[6] Силин П. М., Кристаллизация утфеля II и патокообразование, Москва, 1938.
[7] Силин П. М., Химический контроль свеклосахарного производства, Пищепромиздат, 1938.
[8] Stanĕk Vl., Pavlas P., Zeitschr. für die Zuckerindustrie der Tschechoslovakischen Republik 129, 1934/35; 97 и 105, 1935/36; 37, 161, 169, 1936/37.
[9] Storck G., Elektrometrische Bestimmung der schädlichen Amino-Stickstoffs in der Rübe, Zeitschr. der Wirtchaftsgruppe Zuckerindustrie 88, 733, 1938.

P. M. SILIN. BIOCHEMICAL INDICE-CHARACTERS OF THE QUALITY OF THE SUGAR BEET

SUMMARY

1) In evaluating sugar beet not only the sugar content should be considered, but also the good quality of the refined sap and of the normal treacle obtained.

2) First of all a simple means of determining the quality of the normal refined beet sap should be recommended to Agricultural and Selection Stations.

3) For a through and manifold study of the technological properties of beet the laboratory treatment method is very convenient and gives accurate results.

4) The laboratory method of beet treatment permits us to proceed with studying on a much larger scale the causes of the high treacle yield in a number of refineries and regions of beet culture.

5) The same method should be applied to the study of problems which arise in connection with keeping beet in fresh and frozen conditions.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

Б. А. РУБИН

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ОВОЩЕЙ

За годы сталинских пятилеток занятые овощами площади в Советском Союзе исключительно увеличились. Достаточно указать, что в 1928 г., накануне первой пятилетки, общая площадь под овощами едва достигала 800 тыс. га, тогда как в 1937 г. она выражалась почти вдвое большей цифрой и составила 1400 тыс. га. Планом 1939 г. намечено дальнейшее увеличение посевов овощей, примерно до 2 млн. га.

Вследствие имевшего место за это время неуклонного возрастания урожаев, доля овощей в пищевом рационе населения нашей страны все больше и больше увеличивается. В связи с этим возрастает и значение правильной физиологической и качественной оценки овощей.

Данная проблема применительно к овощам является значительно более сложной, чем в любом другом случае. Здесь прежде всего следует иметь в виду, что термином «овощи» объединяется по крайней мере 20 растений, принадлежащих не только к различным разновидностям или видам, но и к различным семействам и родам. Кроме того, используемые части растения относятся в разных случаях к различным их органам. В качестве овощей употребляются в пищу и листовые органы, и корнеплоды, и метаморфизированные листовые почки, и генеративные органы и т. д.

Наконец, до настоящего времени остаются недостаточно твердо установленными самые принципы оценки овощей по качеству.

Коренной перелом во взглядах на значение овощей как источник питания наметился всего 15—20 лет назад, будучи обусловлен величайшими успехами, которыми сопровождались работы в области витаминов.

Таким образом, качество овощей представляет собой весьма сложный комплекс признаков, определяемый не только веществами, имеющими прямую питательную ценность, каковыми являются углеводы, белки и т. д., но и веществами, присутствие которых в составе пищи является обязательным условием правильного питания организма, правильного функционирования всех его отправлений (витамины).

При оценке качества овощей необходимо, далее, учитывать содержащиеся в них соли, а также и целую группу веществ, не имеющих прямого питательного значения, но оказывающих влияние на деятельность пищеварительных желез (горькие, ароматические вещества). Наконец, для качества овощей имеет исключительное значение вкус, т. е. известное сочетание, соотношение отдельных групп веществ, входящих в состав их тканей, определяющие известную гармонию и слаженность вкусовых ощущений. Последнему признаку академик Павлов придавал в особенности большое значение, считая, что именно вкусовые ощущения создают то сильное желание есть, которое должно рассматриваться как самый важный возбудитель деятельности пищеварительных желез.

Несмотря на совершенно недостаточную разработанность вопроса о вкусе овощей, с точки зрения их химического состава, мы все же имеем возможность иллюстрировать зависимость между тем и другим на целом ряде конкретных примеров.

Если сравнить по химическому составу известные всем две формы лука (острый, или горький, и сладкий), то оказывается, что сладкие луки примерно в 2—$2^1/_2$ раза беднее по содержанию сахара, чем горькие. Острота же вкуса горьких луков обусловлена тем, что ткани их содержат несколько большее количество эфирных масел. Различия в содержании масел определяются величинами порядка нескольких тысячных процента, во всяком случае они не превышают 0.01%, и столь ничтожно малых, по существу, количеств достаточно для того, чтобы нивелировать разницу в содержании сахара, достигающую в среднем 4—5 и даже более процентов.

Важным качественным признаком у томатов, несомненно, связанным с их вкусом, является содержание в их тканях мякоти. При индивидуальном исследовании плодов на большом материале, осуществлявшемся нами совместно с С. И. Липман, было установлено, что процент мякоти (нерастворимая часть сухих веществ) колеблется у популяции от 0.4 до 2.27.

Таблица 1

Мякоть у томатов

Сорт	Минимум	Максимум	Среднее для сорта
San-Marzano	1.02	2.08	1.42
Poire	1.05	1.78	1.30
Датский экспорт	0.78	1.60	1.22
Королева ранних	0.22	0.66	0.53
Ползунок	0.36	0.83	0.59
Князь Боргезе	0·36	0.82	0.56

Столь большая амплитуда колебания данного признака, тесно связанная с качеством плодов томата, представляет тем больший интерес, что при более детальном изучении по данному признаку мы встречаемся с очень резкими различиями у отдельных сортов. Из табл. 1 видно, что, несмотря на значительные колебания процентного содержания мякоти у отдельных плодов внутри сорта, все же вполне возможно выделить группы сортов как с низкими, так и с высокими показателями. Различия между сортами вполне достоверны, причем максимальное содержание мякоти, отмечаемое в пределах сорта, характеризующегося низкими средними показателями, лишь в очень редких случаях заходит за уровень, свойственный сортам второй группы.

Интересно, что характерные для того или иного сорта пределы колебания содержания мякоти сохраняют свое значение, если мы имеем дело с плодами гибрида, у которого данный сорт является одним из родителей. Уже в этом случае мы получаем указания на тесную связь, существующую между качеством плодов и принадлежностью последних к определенному сорту.

Важным показателем качества плодов томата, связанным с их вкусом, является соотношение между сахаром и кислотами. Как нам удалось установить, этот признак также теснейшим образом связан с сортом и, кроме того, зависит от условий культуры.

Так, например, в одном из опытов производилось выращивание ряда сортов томата в условиях открытого и защищенного грунта (теплица). При анализе плодов были получены результаты, помещенные в табл. 2.

(Помимо цифр, характеризующих общее содержание кислот и растворимых сахаров, приводим данные и по витамину С).

Табл. 2 показывает, что химический состав растения складывается под влиянием как внешних условий, так и внутренних физиологических свойств данного сорта. Физиологические свойства сорта определяют и реакцию растения на изменение внешних условий развития. Из таблицы видно, что соотношение между содержанием в тканях плодов органических кислот и сахаров определен-

Таблица 2

Некоторые показатели качества плодов томата

Сорт	Закрытый грунт				Открытый грунт			
	сахар I	кислоты II	$\frac{II}{I}$	C	сахар I	кислоты II	$\frac{II}{I}$	C
Эльза Крейг	3.5	0.55	15.7	14.9	3.3	0.41	12.4	15.2
Нью Экстра Эрли . .	3.5	0.58	16.6	13.4	3.9	0.57	14.6	14.7
Эрл. Фикорация . .	2.3	0.68	30.0	16.4	3.9	0.46	11.8	25.0
Октябренок	1.9	0.50	26.3	11.9	3.2	0.50	15.6	24.5
Лучший из всех . .	2.4	0.67	27.9	16.4	2.5	0.55	22.0	33.8
Краснознаменный . .	2.9	0.54	18.6	19.3	3.4	0.68	20.0	41.3
В среднем	2.6	0.59	22.7	15.4	3.4	0.53	15.6	25.8

ным образом смещается при перенесении культуры из открытого грунта в защищенный. Плоды томата, полученные в открытом грунте, имеют относительное содержание кислот (относительно сахара), значительно более низкое, чем у второй группы плодов. Важно подчеркнуть, что меньшая величина отношения $\frac{\text{сахар}}{\text{кислоты}}$ у томатов закрытого грунта обусловлена не повышенным содержанием кислот, а определенной вызываемой данными условиями депрессией в накоплении сахаров. По содержанию же кислот сколько-нибудь существенных различий отметить не удается.

Еще более интересные положения устанавливаются при анализе цифр по витамину С. Мы видим, что в условиях защищенного грунта богатство плодов томата аскорбиновой кислотой определенно снижается у всех сортов. В то же время, сила реакции различных сортов на данное изменение условий развития весьма различна. Наряду с сортами, у которых содержание аскорбиновой кислоты в условиях открытой культуры повышается на 5—10% (по сравнению с плодами, выращенными под стеклом), имеются и такие, где повышение измеряется 100 и более процентами.

Интересно, что последний характер реагирования свойственен сортам с более богатыми в отношении витамина С тканями.

В силу этого амплитуда колебания данного признака по сортам оказывается для растений закрытого грунта гораздо более сближенной, нежели при культуре их в незащищенном грунте.

Выше уже приводились соображения, а также и экспериментальный материал, свидетельствующие о том, что важнейшее значение для вкусовых качеств овощей имеет характер соотношения между отдельными группами веществ, входящих в состав их тканей. Хорошим примером сказанного могут служить данные по химическому составу гороха. Как известно, среди большого разнообразия форм этого растения имеются такие, которые в недозрелом виде используются как овощи. Изучение биохимических изменений в составе углеводов гороха в процессе созревания зерна позволяет видеть, что основной, решающей линией этих превращений являются процессы полимеризации, синтеза молекул

сложных веществ за счет более простых соединений. В соответствии с этим в углеводной фракции зерна все большее и большее место занимают углеводы типа крахмала, тогда как доля растворимых сахаров непрерывно падает.

Такой ход химических процессов отображает довольно обычную картину изменений состава зерна, связанных с его созреванием. Факт этот не заслуживал бы особого внимания, если бы не резкие различия между отдельными сортами, которые при этом могут быть установлены. Различия эти выражаются, главным образом, в скорости, с которой процессы полимеризации протекают у различных сортов.

Таблица 3

Ход созревания гороха

Сорт	Сахар, в % от сухих веществ			Сахар, в % от крахмала			Сухие вещества, в %			Сахара, в %			Крахмал, в %		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Ранний зеленый . .	24.7	15.5	11.5	200	89	45	18.6	22.7	29.6	4.6	3.5	3.4	2.3	3.9	7.5
Ростовский высокий .	46.7	21.0	13.2	287	153	75	18.4	20.5	27.3	8.6	4.3	3.6	3.6	2.8	4.8
Томас Лакстон . . .	37.9	36.9	28.6	762	600	460	16.1	16.3	19.2	6.1	6.0	5.5	0.8	1.0	1.2

Работа с горохом была предпринята нами с целью изучения значения особенностей ферментной системы различных сортов гороха в смысле ее влияния на ход созревания. Всего было изучено около 20 сортов гороха, причем оказалось, что по характеру процессов созревания сорта эти могут быть разбиты на 3 группы. Данные для наиболее типичного представителя каждой из групп сортов представлены в табл. 3.

В качестве химических показателей, связанных с вкусовыми качествами гороха, были избраны, во-первых, отношение $\frac{\text{сахар}}{\text{крахмал}}$ и затем $\frac{\text{углеводы}}{\text{сухие вещества}}$, значение которых для вкуса является вполне очевидным. Изучение химического состава зерна проводилось по периодам созревания (3 раза), отделенным один от другого промежутком времени 1.5—2 дня.

Из табл. 3 видно, что, соответственно общему ходу изменений химического состава гороха, при созревании смещаются определенным образом и величины отношений $\frac{\text{сахар}}{\text{крахмал}}$ и $\frac{\text{углеводы}}{\text{сухие вещества}}$. По мере созревания зерна как тот, так и другой показатели сильно уменьшаются, что свидетельствует об уменьшении доли растворимого сахара в углеводном комплексе, а также об уменьшении доли углеводов в общей сумме сухих веществ.

Несмотря на общий характер этих изменений, мы одновременно имеем возможность убедиться в существовании и серьезнейших различий между сортами. Так, например, у сорта Ранний зеленый содержание сахара по периодам созревания зерна падает чрезвычайно резко. Например, в первой фазе созревания (только что завязавшееся зерно) количество растворимого сахара вдвое превышает количество крахмала, через 4 суток оно составляет только половину количества крахмала. То же имеет место и для другого избранного нами в этой работе показателя качества гороха. В первой фазе созревания зерна у сорта Ранний зеленый в нем на долю углеводов приходится четвертая часть всех сухих веществ, через 4 дня эта цифра спускается до $^1/_{10}$.

Совершенно иную картину дает сорт Томас Лакстон. В этом горохе доля растворимых сахаров в углеводном комплексе является гораздо более высокой. Так, в первую фазу созревания сахара в зерне в 7.5 раза больше, чем крахмала. В третью фазу это отношение падает, однако оно составляет все же 450%, т. е. остается на такой высоте, которой мы не имеем у гороха Раннего зеленого даже

в первую фазу созревания. Соответственно этому, здесь также резко повышен и процент сахаров в сухом веществе зерна, который, например, в третью фазу выше, чем у гороха Ранний зеленый в самом начале созревания. Горох Ростовский высокий занимал по всем перечисленным показателям промежуточное положение.

Фиг. 1. Дыхание овощей после уборки: *1)* спаржа; *2)* салат: *3)* морковь; *4)* томаты; *5)* красный перец.

Приведенными данными подчеркивается исключительное значение сорта как фактора, определяющего качество овощей, их вкус.

В связи с этим следует упомянуть, что данный набор сортов изучался нами на резко различных фонах питательного режима. При этом также наблюдались известные смещения в соотношении сахара и крахмала, сахара и сухих веществ, однако размеры этих сдвигов не могут итти ни в какое сравнение с теми различиями, которые обусловлены внутренними свойствами растения, связанными с его ферментной системой, определяющей характер процесса, его направленность и интенсивность.

Мы видим, таким образом, что и влияние степени зрелости овощного растения на его качество также теснейшим образом связано с сортом. Интересные материалы по этому же вопросу были получены нами со Страчицким в Овощном институте при изучении динамики витамина С у различных разновидностей капусты. При этом оказалось (табл. 4), что у форм капусты, образующих кочны (номер 1, Савойская) момент завязывания последних связан с резким понижением содержания витамина С.

Таблица 4

Содержание витамина С в разновидностях капусты

Дата анализа	Фаза развития	Номер 1		Савойская		Брюссельская		Листовая	
		витамин С	сухие вещества	витамин С	сухие вещества	витамин С	сухие вещества	витамин С	сухие вещества
3/VI	Рассада	71.5	12.4	64.5	17.1	56.4	17.1	61.0	15.8
13/VI	Начало завивки кочна (у Номера I и Савойской)	116.6	12.7	132.1		100		100	
25/VII	Рыхлый кочан (у Номера I и Савойской)	79.2	11.8	84.6		151.3		164.2	
22/VIII	Хозяйственная спелость (наружные листья)	71.7		66.3		122		115.0	
22/VIII	То же, кочан	37.1	9.8	21.8	9.6	92.7	12.9	—	13.2

Еще более интересно, что наружные листья кочна продолжают сохранять уровень содержания С, который характерен для растений, находящихся в фазе рыхлого кочна, внутренние же части кочна беднее наружных в 2—3 раза.

У разновидностей капусты, не образующих кочнов, кривая витамина С носит совершенно иной характер. Мы отмечаем здесь лишь плавное снижение содержания витамина по мере приближения к концу вегетации. Аналогичные данные по динамике витамина С и каротина в плодах томата описаны в целом ряде работ, в том числе и в исследованиях, проведенных в нашей лаборатории в Овощном институте Белорицкой и Кирсановой. По мере созревания плодов отмечается неуклонное возрастание количества витаминов, на смену которому, после достижения определенного состояния зрелости, наступает резкое падение содержания этих ингредиентов клетки. И в данном случае решающее значение для динамики витаминов имеют условия созревания и в особенности температура. При чрезмерном повышении последней интенсивность разрушения витаминов резко возрастает. Таким образом, выявляется исключительно тесная связь, которая существует между качеством овощей, степенью зрелости, или фазой развития растений, а также и условиями, в которых протекает это развитие и созревание.

Лабильность химического состава овощей и их качества имеет особенно важное значение при хранении. Как известно, потребление овощей разделено от момента их уборки промежутком времени той или иной длительности, причем для летних овощей речь идет обычно об очень коротком сроке, исчисляемом несколькими сутками, тогда как для зимнего периода длительность этого срока не только не уступает, но часто превышает период вегетационной жизни растения. В период хранения овощи продолжают оставаться живыми организмами; им свойственен целый ряд сложных биохимических превращений, которые имеют исключительную важность, так как результатом этих превращений являются более или менее резкие изменения качественного состава овощей, изменение содержания в них питательных веществ. Отсюда приобретает большое значение сохраняемость овощей, способность их не загнивать, свойство сохранять присущий растению уровень питательных веществ или изменять его лишь весьма незначительно. Это условие относится, главным образом, к углеводам и в меньшей степени к белковым ингредиентам тканей; в очень сильной мере оно относится и к содержанию в тканях овощей витамина С и каротина.

Работы по этой линии проводятся нами уже давно. Вследствие того, что большая часть материалов опубликована, мы ограничимся здесь лишь характеристикой некоторых основных положений, представляющих с нашей точки зрения наибольший интерес.

Одним из важнейших источников потерь питательных веществ при хранении является дыхание овощей, интенсивность которого зависит не только от внутренней природы самого растения, но в исключительной степени связана также с условиями хранения и в особенности с температурой. В данном отношении весьма убедительные материалы получены Беной, которая, изучая энергию дыхания у ряда овощей после уборки, показала, что интенсивность этого процесса является наивысшей в первые часы после уборки (фиг. 1).

Дыхание приходит «в норму» лишь через 25—30 часов после уборки. Следовательно, уже тот перелом в жизни растения, который связан с уборкой последнего, оказывает резкое активирующее влияние на дыхание. Данными Беной подчеркивается также, что, помимо различий в абсолютной интенсивности дыхания, у отдельных растений существуют и различия в реакции на одно и то же воздействие. Так, плоды томата, перца, корнеплоды моркови и некоторые другие объекты лишь незначительно изменяют активность дыхания в течение 30 часов после уборки, тогда как у спаржи, гороха дыхание в первые часы в 3—4 раза превышает таковое после 25—30 часов.

Еще более убедительные примеры из этой области приводятся в ряде американских работ, согласно которым многие скоропортящиеся овощи, как спаржа, зеленая кукуруза, способны в течение одних суток после уборки терять до 60% своего запаса сахара.

По данным Джонса и Биссона, горох за первые 5 суток после уборки теряет при температуре 35° 12% сахара, считая на сухое вещество стручков, и 28.5% — от сухого вещества семян. Обильные материалы, тождественные с только что приведенными, были получены и в нашей лаборатории в Овощном институте, причем было выявлено большое значение, которое имеет для размера потерь температура хранения. Так, например, салат, хранившийся при 6°, терял 10.6% запаса углеводов, тогда как при 12—13° потери составляли 29.5%. Совершенно очевидны те огромные перспективы, в смысле уменьшения потерь, которые открываются, благодаря широкому внедрению методов искусственного охлаждения овощей при хранении (холодильники).

Как уже указывалось выше, для размера потерь при хранении имеют, однако, значение не только внешние условия, но и внутренние свойства растения. Проводившиеся нами совместно с Арциховской в течение ряда лет исследования по вопросу о биохимической природе устойчивости капусты показали, что наиболее важная роль должна быть отведена в этом случае особенностям окислительной системы растения. В частности оказалось, что поздним, хорошо хранящимся сортам капусты свойственна большая энергия окислительно-восстановительных процессов, выражающаяся в повышенной интенсивности дыхания, повышенной активности окислительных ферментов, большей величине rH и т. д. У этой же группы сортов было найдено и более высокое содержание витамина С. Одновременно была выявлена еще одна важная особенность, состоящая в том, что у хорошо хранящихся сортов капусты исходный уровень содержания витамина С в тканях удерживается в период хранения значительно полнее и смещения его гораздо менее заметны, чем в сортах с ослабленной окислительной системой и менее напряженным окислительным процессом. Приводим в табл. 5 несколько средних цифр, характеризующих сказанное.

Таблица 5

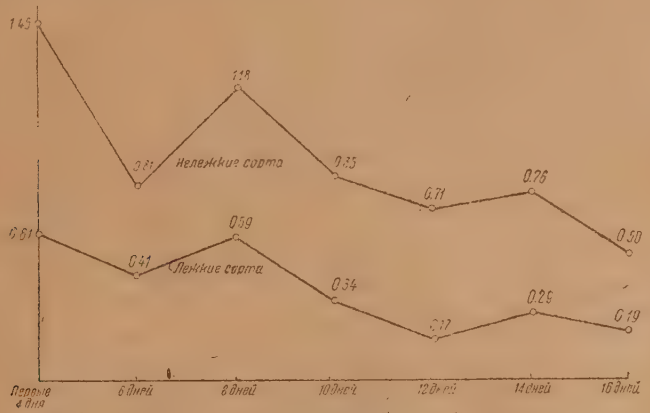
Сохраняемость витамина С у различных сортов капусты в связи с окислительной системой сорта

Название сорта	Активн. пероксидазы	Активн. аскорбиназы	Интенсивность дыхания в мг CO_2	rH	Витамин С (мг %)		Характеристика лежкости сорта
					в начале хранения	в конце хранения	
Номер 1	23.6	10.7	17.4	19.7	31.2	17.1	Плохая
Амагер (линия 611) .	36.8	14.1	24.8	21.4	47.9	40.5	Хорошая
Амагер (линия 1474) .	67.2	19.3	Не изучалось		69.4	68.6	Отличная

Из табл. 5 видно, что степень сохранности витамина С тем выше, чем выше его исходное содержание и чем выше активность окислительных ферментов.

Так, например, капуста Номер 1, содержавшая при закладке на хранение 31 мг% витамина С, теряла за время хранения 45% этого количества, тогда как у Амагер (линия 1474) содержание его оставалось по существу неизменным. Мы не имеем возможности останавливаться на обсуждении этого факта, детальное изучение которого нами в настоящее время уже осуществлено. Укажем лишь, что речь здесь должна итти не о большей устойчивости имеющегося в тканях уровня аскорбиновой кислоты, а скорее о более энергичном новообразовании последней в период хранения. Большая стабильность аскорбиновой кислоты обусловлена теми же причинами, влиянием которых обусловлено и большее богатство витамином тканей, создающееся в период вегетации. Помимо теоретического значения, обстоятельство это является важным и с точки зрения практической. Из табл. 5 видно, например, что капуста Амагер (линия 1474) была богаче по витамину С, чем капуста Номер 1 осенью всего в 2 раза, а в марте это превышение характеризуется цифрой 3.5—4.

Как известно, в ряде наших работ было показано, что существующие сорта лука могут быть разбиты на две различные группы. Первую из них составляют формы с относительно низким содержанием сахара (4—5%), с незначительным как абсолютным, так и относительным содержанием сахарозы. Вторая группа луков характеризуется прямо противоположными показателями. Общее содержание сахара здесь в 2—$2^1/_2$ раза выше, чем у сортов первой группы, причем превалирующим сахаром является сахароза, которой принадлежит 80, а иногда 90% от общего количества сахара.



Фиг. 2. Потери воды у лука после уборки: 1) нележкие сорта; 2) лежкие сорта.

Различия как в составе сахаров, так и в связанном с ним общем содержании сахаров, оказались тесно связанными с различиями в направленности действия фермента — инвертазы, причем большему богатству сахаром отвечает и более высокое отношение $\frac{\text{синтез}}{\text{гидролиз}}$ у данного фермента.

Указанные соотношения между сортами могут быть констатированы в любой из периодов жизни растения, в любой из моментов наблюдений, проводившихся как в период вегетации, так и в период хранения. В ряде других исследований по луку нами было показано, что пониженная активность гидролиза является одним из важнейших факторов, обусловливающих успешную сохраняемость. На основании исследований, проведенных в Институте биохимии Н. М. Сисакяном, в которых выявилась исключительная роль и значение водного режима тканей для сохранения определенного уровня отношения $\frac{\text{синтез}}{\text{гидролиз}}$ у гидролитических ферментов, мы решили заняться изучением водоудерживающей способности тканей как лежких, так и нележких сортов лука.

На фиг. 2 представлены кривые, характеризующие энергию отдачи воды луковицами различных сортов лука после уборки.

Наблюдения проводились над двумя группами луков, по 6 сортов в каждой, путем ежедневного взвешивания луковиц в течение 16 суток.

Оказалось, что энергия отдачи воды тканями луковиц после уборки у нележких сортов значительно (в 2—3 раза) выше, чем у лежких. Обе группы сортов различаются по данному признаку настолько четко, что имеются все основания считать его вполне надежным показателем, позволяющим с большой точностью разбить сорта по степени их лежкости.

Зависимость между водоудерживающей способностью ткани и лежкостью данного сорта покоится, повидимому, на том, что, благодаря меньшим потерям воды, в тканях лежких сортов лука сохраняется высокий уровень синтезирующего действия у гидролитических ферментов, предотвращается чрезмерное повы-

шение активности гидролиза. Связь между данными признаками оказалась настолько рельефной, что, несмотря на несомненно сложную комплексную природу водоудерживающей способности растения и почти полную ее неизученность, мы все же считаем необходимой возможно более широкую проверку этого вопроса уже сейчас в полупроизводственных условиях. В случае подтверждения изложенных здесь результатов будут открыты большие возможности в смысле оценки как имеющихся сортов, так и создаваемых рас лука по такому исключительно важному в биологическом и хозяйственном отношениях признаку, как способность к длительному сохранению.

Большая простота метода и полная его доступность для любой станции и опорного пункта позволит широко внедрить его в селекционную практику и сделать его орудием формирования новых, высокоценных сортов.

Таковы некоторые результаты работ по биохимическому изучению качества овощей. Цитированные материалы позволяют видеть, насколько мало исследованной является эта область, насколько неопределившимися являются еще самые принципы, которые должны быть положены в основу качественной оценки овощей.

По сравнению с прошлыми годами число исследований, осуществляющихся в настоящее время, несомненно возросло, однако громадное большинство публикуемых работ (если не вообще все работы) сосредоточены по существу на одном только вопросе — витамины. Дело сводится по большей части к сравнительному определению содержания витаминов в зависимости от вида, сорта овощей, условий их возделывания и т. д. Мало внимания уделяется в этих работах другим питательным веществам, и уже полностью игнорируется значение веществ, активных с точки зрения физиологической.

Помимо статического изучения состава овощей, необходимо всемерно развивать исследования биохимического порядка. Имея в виду исключительную лабильность и динамичность состава овощей, необходимо изучить природу факторов, влиянием которых обусловлены те или иные биологические свойства растений, а именно: продуктивность по линии накопления питательных веществ, устойчивость при хранении, интенсивность созревания и т. д. Огромное значение принадлежит в этом случае сорту, как системе, которой свойственна определенная норма реагирования на внешние условия, в которых происходит развитие растения. Уже из предварительных, весьма немногочисленных работ, проведенных в этом направлении, видно, насколько широки открывающиеся здесь перспективы. Эти данные показывают, что среди имеющихся сортов можно отыскать такие, которые удовлетворяют целому ряду высоких требований и в смысле содержания питательных веществ, и в смысле вкусовых качеств, обусловленных известным сочетанием входящих в состав тканей отдельных групп веществ.

Проведенные исследования показывают, что данные свойства растений теснейшим образом связаны с их ферментной системой, вследствие чего изучение особенностей последней должно рассматриваться как одно из важнейших направлений дальнейшей работы.

Выводы

1. Большое разнообразие культур, объединяемых термином «овощи», обусловливает большую сложность при оценке их качества. Помимо веществ, имеющих прямую питательную ценность, необходимо уделять большое внимание физиологически активным веществам овощей, к которым относятся горькие, ароматические соединения, минеральные соединения и т. д.

2. Весьма важное значение для столовых качеств овощей имеет вкус, характер которого определяется не только абсолютным содержанием тех или иных веществ, но, главным образом, соотношением отдельных групп последних (например, отношение сахара к кислотам).

3. Различия в химическом составе овощей обнаруживаются не только при сравнении растений, относящихся к удаленным друг от друга систематическим

единицам, но и при сравнении между собой различных представителей в пределах одного и того же вида (разновидность, сорт). Сортовые различия по составу сказываются в конечной продуктивности растения, в смысле достигаемого в его тканях уровня содержания питательных веществ, в реакции отдельных сортов на изменение условий культуры и в целом ряде других случаев.

4. При оценке качества овощей следует учитывать исключительное непостоянство их состава, который связан со степенью зрелости растения, с периодом его развития, с условиями роста и хранения и целым рядом других факторов.

5. Проведенные нами исследования позволили установить тесную связь, которая существует между рядом важных биологических и хозяйственных признаков овощного растения и его внутренними биохимическими особенностями и в первую очередь с его ферментной системой.

6. Важнейшей задачей в деле дальнейшего улучшения качества овощей и повышения их питательной ценности является внедрение методов качественной селекции. В основу этой работы должны лечь результаты биохимических исследований внутренней обусловленности интересующих селекционера признаков растения.

Институт биохимии.
Академия Наук СССР.

Поступило
14. IV. 1939

ЛИТЕРАТУРА

[1] Арциховская Е. В., К вопросу о биохимических признаках устойчивости хранящейся капусты, диссертация, 1939.
[2] Лепорский, Овощи и их физиологическое значение, 1936.
[3] Певзнер, Основы лечебного питания, 1937.
[4] Рубин Б. А., Соотношение между синтетическим и гидролитическим действием инвертазы как признак сорта у лука, Биохимия, 4, 1936.
[5] Рубин Б. А. Биохимические основы хранения овощей, монография, 1939.
[6] Рубин Б. А. и Е. В. Арциховская, К вопросу о природе устойчивости капусты при хранении, Доклады АН СССР, № 7 и 5, 1937.
[7] Рубин Б. А. и Е. В. Липман, О методах оценки способности лука к длительному хранению (в печати), журнал Овощеводство, 1939.
[8] Рубин Б. А. и Л. И. Наумова, Биохимические особенности сортов лука, Доклады Академии с.-х. наук имени Ленина, № 2, 1938.
[9] Рубин Б. А. и К. И. Страчицкий, О содержании антицинготного витамина в овощах, Плодоовощное хозяйство, № 4, 1938.
[10] Рубин Б. А. и В. Е. Трупп, О сортовых различиях по устойчивости овощей при хранении и их причинах, Сборник работ лаборатории биохимии Овощного и-та, т. 1, 1936.
[11] Сисакян Н. М., Направленность действия ферментов как признак засухоустойчивости и скороспелости культурных растений, Известия АН, № 6, 1937, Биохимия, III, 6, 1938.
[12] Benoy M. P., The respiration factor in the deterioration of fresh Vegetables at room t°, J. of Agr. Research, 39, 1929.
[13] Johness H. A. and G. S. Bisson, Changes in the composition of the garden peas after harvest, Plant Physiology, 7, 1932.
[14] Kertesz L. Y., The chemical changes in peas after picking, Plant Physiology, 3, 1930.
[15] Woodmann and Barnell, The connection between the keeping qualities of varieties of onions and the rates of water loss during storage, Ann. of Appl. Biology, 24, 1937.

B. A. RUBIN. BIOCHEMICAL INDICE-CHARACTERS OF THE QUALITY OF VEGETABLES

SUMMARY

The great variety of cultures united under the term «vegetables» complicates very much the evaluation of their quality. Apart from substances possessing an immediate nutritive value great attention must be paid to the physiologically active substances of vegetables to which pertain bitter and aromatic compounds as well as mineral salts etc.

For the table qualities of vegetables their taste is of a very great importance, but the character of the taste is determined not only by the absolute content of the various substances but, for the most part, by the proportioning of separate groups of these latter (e. g. ratio of sugar to acids).

The differences in the chemical composition of vegetables become evident when comparing not only plants taxonomically far distant from each other but

even representatives within one and the same species (variety, sort). The sort distinctions in composition become manifest in the eventual productivity of the sort, viz. the amount of nutritive substances content attained in the plant tissues in the reaction of individual sorts to changes in the mode of cultivating, and in a number of other consequences.

In evaluating the quality of vegetables inconstant allowance shall be made for their exceedingly composition which depends upon of their degree of maturity, the period of development of the plant, its conditions of growth and keeping and upon a number of other factors.

Our studies enabled us to establish an intimate connection of a number of important biological and economical characters of the vegetable with its internal biochemical peculiarities and, first of all, with its fermentative system.

The introduction of methods of qualitative selection is the outstanding task in further raising of the quality of vegetables and increasing their nutritive value. This work should be based on results of biochemical studies of the internal conditioning of those characters of the plant which are of especial interest to the selectionist.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук
Classe des sciences biologiques

В. В. АРАСИМОВИЧ

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОВОЩЕЙ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ КОНСЕРВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

(*Представлено академиком* **Н. А. Бахом**)

Большим затруднением при подборе овощей для различных видов переработки является отсутствие определенных требований к качеству сырья по химическому составу со стороны консервной промышленности. Это объясняется в первую очередь малой разработанностью вопроса, вследствие чего в настоящее время приходится подбирать сорта овощей лишь по признаку большого содержания в них питательных и вкусовых веществ. Многолетними исследованиями овощей установлена большая изменчивость их химического состава как в связи с сортовым признаком, так и в зависимости от места произрастания, от климатических, почвенных условий и т. д. Большую сводку по изменчивости химического состава овощей заключает IV том «Биохимии культурных растений» (1938).

В табл. 1 приведена амплитуда колебаний по содержанию сахаров и витамина С в плодах томатов и стручкового перца, наблюдавшаяся в исследованиях Биохимической лаборатории ВИР.

Таблица 1

Колебания в химическом составе плодов томатов и перца

Место урожая	Сухое вещество, в %		Сумма сахаров, в %		Общая кислотность, в %		Витамин С, в мг%	
	от	до	от	до	от	до	от	до
Томаты								
Ташкент	4.16	7.57	2.46	4.03	0.27	0.53	22.0	44.0
Харьков	5.87	6.98	2.57	3.80	0.19	0.55	24.5	44.5
Ленинград	5.30	7.92	2.96	5.54	0.38	0.87	13.0	30.1
Сладкий перец								
Ташкент	7.5	17.1	4.0	8.41	—	—	36	235
Майкоп	5.8	11.4	2.38	4.56	—	—	10	272
Горький перец								
Ташкент	—	—	1.50	8.21	—	—	136	445
Майкоп	8.6	10.8	—	—	—	—	125	383

Как видно из табл. 1, пределы колебаний в содержании различных компонентов химического состава у сортов очень широки. Кроме того, необходимо отметить, что один и тот же сорт в разные годы урожая даже в одном и том же пункте высева может сильно варьировать по химическим показателям. Сильно отличается состав плодов одного и того же сорта, но разной степени зрелости.

Поскольку в консервной промышленности некоторые овощи консервируются недозревшими или, наоборот, перезревшими, необходимо остановиться на достоинствах плодов разной степени зрелости. Сравнительными исследованиями перцев, снятых в технической зрелости, и перцев, достигших биологической зрелости на растении, установлено, что процент сухого вещества, сахаров, кислот и витамина С значительно возрастает от консервной зрелости к биологической, а содержание клетчатки падает (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав плодов перца разной зрелости

Сорт и год урожая	Зрелость	Сухое вещество, в %	Сумма сахаров, в %	Сумма кислот, в %	Витамин С, в мг%
Салатный № 26	Зеленые плоды	8.75	2.56	0.19	36
1936 г.	Консервная	9.0	2.94	0.14	53
	Биологическая	10.76	5.53	0.26	186
Салатный № 810	Консервная	9.44	2.26	0.14	57
1936 г.	Биологическая	21.32	14.21	0.51	208
Салатный № 26	Консервная	7.92	2.72	0.15	130
1937 г.	Биологическая	11.72	4.97	0.26	192
Томатовидный	Консервная	7.0	2.84	0.12	8.31
1937 г.	Биологическая	8.48	4.62	0.26	114.0

Преимущества плодов, достигших полной зрелости, очевидны, они сохраняются и при сравнении консервов, приготовленных из плодов перца разной зрелости. Таким образом, следует пересмотреть вопрос о том, какие плоды употреблять для консервирования.

Значительны отличия в химическом составе и у томатов разной зрелости (Гомоляко, 1937 г.; Шиврина, 1939). При созревании томатов до достижения ими полной зрелости содержание сахаров и каротина (провитамина А) возрастает, а содержание витамина С — лишь до бланжевой зрелости, после которой количество витамина или остается без изменения, или несколько падает, а в некоторых случаях и увеличивается. В общем же, отличия по витамину С между плодами томатов бланжевой и полной зрелости невелики. В перезревших плодах томатов содержание витамина С и каротина снижается. На фиг. 1 изображена динамика веществ в созревающих плодах томатов.

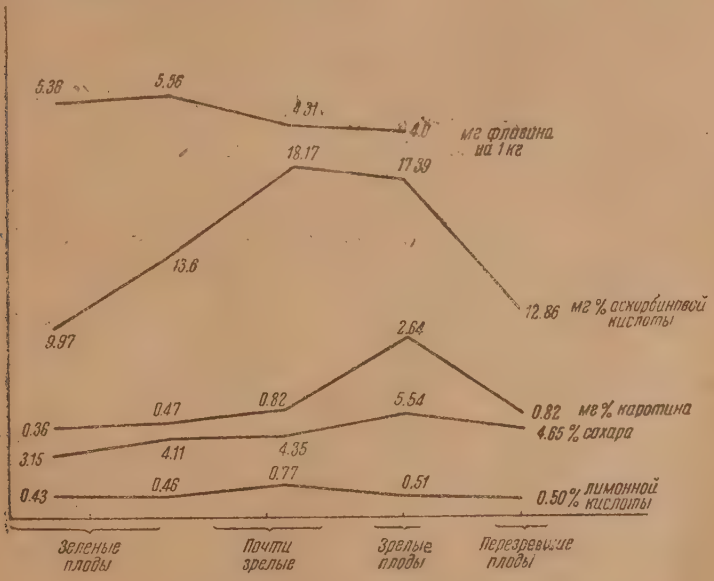
Соотношение содержания сахара и кислот в томатах определяет в значительной мере вкус томатов, и с этим приходится считаться и при консервировании последних. Соотношение сахаров и кислот в томатах бланжевой зрелости ниже, чем во всех остальных фазах созревания плодов: здесь сочетаются максимальная кислотность с пониженным содержанием сахаров. В фазе полной зрелости томатов это соотношение гораздо выше. Сопоставление приведенных данных указывает на несомненные преимущества зрелых томатов по их пищевой ценности по сравнению с перезревшими.

Следует считаться и с тем, в каком месяце сезона созрели и убираются овощи. Плоды одинаковой степени зрелости, но созревшие в разные месяцы, часто весьма резко отличаются по составу, особенно по содержанию витамина С.

Эти различия у перцев, например, могут быть гораздо более значительными, чем различия между плодами перца тех же степеней зрелости, но снятых в одном и том же месяце.

Большие различия в содержании сахаров и кислот, а также в соотношении их, связанные со сроками сбора плодов, мы находим и у томатов, причем важную роль играет в данном случае и место выращивания.

Приведенные нами соображения, основанные на экспериментальном материале, указывают на необходимость, подбирая сырье для консервирования, считаться со сроком уборки овощей, с степенью их зрелости и т. д., так как совершенно бесспорно то решающее влияние, которое оказывает качество сырья на качество получаемой продукции.



Динамика веществ в созревающих томатах

Прежде чем перейти к рассмотрению изменений в химическом составе, происходящих при переработке овощей, нельзя не остановиться на хранении овощей в свежем виде.

Высокое содержание воды в овощах, благоприятствующее деятельности разнообразных ферментов, присутствующих в них, затрудняет длительное сохранение овощей в свежем виде. Одной из важнейших задач является установление биохимических показателей, определяющих способность сортов к хранению. Выявление их позволило бы вести отбор по этим признакам при селекции сортов на лежкость. В настоящее время мы еще такими сведениями не располагаем.

Исследования, посвященные этому вопросу, построены на сравнительном биохимическом изучении во время хранения сортов, заведомо отличающихся по способности их к хранению. Таковы исследования ВНИИОХ по хранению капусты, таковы работы и биохимической лаборатории ВИР с тем же объектом. Во всех этих исследованиях приходится сталкиваться с несоответствием расходования сухого вещества капусты во время хранения и расходования сахаров (Рубин и Трупп, 1935; Рубин, 1935 и 1936). У многих сортов общая потеря сахаров значительно превышает потерю сухого вещества. Рубин (1936) отмечает, что расхождение это более значительно у нележких сортов и видит причину его в недостаточности окислительной системы этих сортов, по сравнению с лежкими сортами, приводящей к превращению сахаров в какие-то неполностью окисленные промежуточные продукты дыхания. Оставляя в стороне вопрос о вероятности образования таких веществ, поскольку они не были выделены и наличие их не доказано, а говоря лишь о факте такого несоответствия

в расходовании сухого вещества и сахаров, мы должны указать, что в работе нашей лаборатории (Н. Т. Прохорова) не удалось увязать это явление с лежкостью сортов. Напротив, большее расходование сахаров наблюдалось у нележких сортов капусты, как Номер первый.

В исследование были включены сорта не только белокочанной капусты, но и других разновидностей, и сравнение лежких и нележких сортов в каждой из этих разновидностей показало, что во всех сортах всех разновидностей капусты при хранении падает содержание сахаров, иногда очень значительно. При этом нележкие сорта в большинстве случаев теряли больше сахара, чем лежкие. Например, нестойкий в хранении сорт белокочанной капусты Номер первый теряет 37% от исходного сахара, а лежкий Амагер — 22%. Нележкий сорт Кольраби Оптимус теряет 41%, а лежкий Голиаф белый — 31% и т. д.

Наряду с падением сахаристости во всех разновидностях капусты снижается и содержание витамина С при хранении сортов. При этом наблюдалось явление, обратное тому, что происходило с сахаром, — большинство лежких сортов теряло больше витамина С, чем нележкие (табл. 3).

Таблица 3

Динамика витамина С при хранении капусты в течение шести месяцев

Разновидность и сорт	Лежкость	Витамин С, в мг%		Потеря витамина С, в % от исходного
		начало хранения	конец хранения	
Белокочанная Номер первый . . .	Плохая	30.0	22.8	24.0
» Амагер	Хорошая	37.2	29.9	19.6
» Ньюйоркская	»	33.9	28.5	15.9
» Амагер из Майкопа .	»	30.0	20.8	30.7
Савойская Вертю	»	40.3	21.1	47.7
» Венская	Плохая	51.2	53.4	0
Кольраби Богемская синяя . . .	Хорошая	67.8	40.6	40.0
» Оптимус белый	Плохая	56.1	54.0	0

В работе Прохоровой учитывались различные компоненты химического состава капусты при хранении ее, но для большинства веществ не удалось обнаружить связи между количественным содержанием их и способностью сорта к хранению. Единственной группой веществ, обнаружившей определенные сдвиги при хранении, оказались пектиновые вещества капусты. У всех сортов было обнаружено возрастание пектиновых веществ при хранении, иногда достигающее 65% от исходного. При этом наметились отличия между лежкими и нележкими сортами — у последних количество пектина в течение хранения нарастало сильнее, чем у лежких сортов овощей перед их переработкой, при хранении весьма непродолжительном, не превышающем нескольких часов или 1—2 суток. Продолжительность времени между сбором овощей и поступлением их в производство, несомненно, отражается на качестве продукции.

В некоторых опытах перец за сутки хранения терял до 15—20% витамина С, почему его и рекомендуют хранить не больше суток. В опытах Л. В. Миловановой (ВИР), проведенных в лабораторной обстановке при комнатной температуре, в трех сортах перца, снятых в фазе технической зрелости, в течение 5 дней возрастало содержание витамина С и сахаров, при дальнейшем же хранении падало. В плодах, снятых с куста позднее, уже побуревших, при хранении в тех же условиях снижалось содержание и сахаров и витамина С.

В опытах Билянского (1938) установлено, что перец может храниться без потерь в течение 18 дней при 8—10°, а при 0—2° больше месяца. То же было найдено и для других овощей — баклажанов, кабачков. Консервы, приготовлен-

ные из хранившихся в указанных условиях овощей, оказались такого же качества, как и консервы из свежих овощей.

Особенно много витамина С теряет шпинат при хранении — 25% в течение 5 часов и до 40% за 20 часов.

Установление условий хранения, подбор сортов помогут продлить время эксплоатации заводской аппаратуры и увеличат количество пропускаемого сырья.

Относительно сохранности при переработках веществ, содержащихся в свежих овощах, известно, что при правильном приготовлении консервов соотношение веществ сохраняется тем же, каким оно было в исходном сырье. Леонард (Leonhard, 1930) приводит данные анализа свежих томатов и приготовленных из них трех видов консервов, различающихся степенью концентрации. Соответственно возрастающей концентрации продукта в консервах возрастало и количество сахаров и кислот, но соотношение их оставалось тем же, каким было в свежих томатах (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительный химический состав свежих томатов и продуктов их переработки (Леонард, 1930)

Исходный материал и вид консервов	Сухой вес	Общая сахаристость	Остальные вещества, кроме сахара	Кислотность, в % яблочной кислоты	Сахар / кислота
Свежие плоды (среднее из 4 анализов)	6.2	2.90	3.30	0.49	7.8
Пюре	13.9	6.67	7.23	0.74	9.0
Mark	25.1	12.98	12.13	1.41	9.2
Экстракт	40.6	18.94	21.66	2.66	7.1

Учитывая сохранение тех же соотношений в содержании веществ, какие имелись в свежих плодах, следует особенно обращать внимание на величину соотношений при подборе сырья для переработки, так как таким образом можно регулировать качество продукции.

Сохраняются и отдельные кислоты при консервировании. Из спелых плодов томатов, которые содержат, главным образом, лимонную и яблочную кислоты, получаются консервы, содержащие также только эти кислоты [Борнтрегер (Borntträger, 1928, 1932 и 1925)]. Если же в переработку употребляются перезревшие плоды, то в консервах преобладает янтарная кислота (образующаяся в перезревающих плодах), а яблочной и лимонной кислот в них содержится мало.

В литературе встречаются указания на образование щавелевой кислоты при приготовлении консервов из томатов, что является отрицательным показателем. Борнтрегер, однако, доказал, что в свежих и хорошо сохранившихся томатных консервах не содержится и следов щавелевой кислоты ни в растворимой, ни в нерастворимой форме. Образуется же щавелевая кислота только при порче консервов бактериями или некоторыми расами плесневых грибов. Винной, молочной и летучих кислот в консервах, даже долго хранившихся, также не найдено. Лишь при долгом хранении твердых консервов из томатов в них может образоваться янтарная кислота.

У нас в Союзе сохранность кислот в консервированных продуктах пока не затрагивалась исследованиями.

В отношении неорганических солей, представляющих весьма важный в физиологическом отношении компонент овощей, следует отметить, что переработка овощей очень сильно влияет на количественное содержание и на соотношение солей. Применяемая обычно обварка овощей кипятком ведет к значительной потере солей и изменению баланса оснований.

Способ кулинарной обработки овощей вообще не изменяет их основных

свойств как возбудителей желудочной секреции, но изменяет степень их воздействия. Сушка и варка ослабляют это действие, а квашение и засолка усиливают.

Но в общем следует признать, что вопросу сохранения минерального состава овощей при переработке уделялось очень мало внимания.

Больше других компонентов подвергалось изучению выяснение степени сохранности витаминов при переработке овощей и в первую очередь витамина С. Большинство овощей содержит окисляющий витамин С фермент. При переработке, требующей измельчения овощей, под влиянием этого фермента витамин С быстро окисляется и разрушается. Для предварительной инактивации фермента применяют бланшировку овощей в кипящей воде или паровую.

Томаты почти не содержат окислительных ферментов и поэтому в отношении их нет надобности применять бланшировку. В плодах томатов имеется стабилизатор, подавляющий окисление на воздухе витамина С, содержащегося в плодах. Стабилизатор этот находится, главным образом, в форменных элементах ткани и лишь частично переходит в раствор (Кардо-Сысоева, 1938). Поэтому в соке томатов его немного, и содержание витамина С в стерилизованном соке томатов благодаря этому заметно снижается, по сравнению с сырьем, — в соке остается всего 12—20 мг% в зависимости от сорта (Бирюков, 1938).

При изготовлении томат-пасты теряется всего около 30—35% витамина С, но он хорошо сохраняется в ней при хранении, так как в пасте стабилизатор более сконцентрирован и толстый слой ее труднее аэрируется.

При бланшировке, применяемой в консервировании большинства овощей, теряется много витамина С, большей частью переходящего в воду. Перец теряет при бланшировке и мойке до 30—40% витамина С, а по некоторым указаниям (Юриалов) до 70—80% и до 30% сахара. При паровой бланшировке перца потеря витамина С уменьшается в 10 раз. Потери витамина С у перца на разных заводах колеблются в пределах от 10 до 70%.

Шпинат и зеленый горошек тоже теряют около 30% витамина, еще больше теряет в бланшировке петрушка (Слепых, 1938).

Заменой процесса бланшировки в воде бланшировкой паром удается почти полностью устранить потери витамина в овощах.

В процессе переработки разных овощей, кроме бланшировки, значительная часть витамина С окисляется благодаря длительному соприкосновению с воздухом, и это окисление ускоряется солями тяжелых металлов.

Рядом опытов показано, что ограничением доступа воздуха и исключением возможности перехода солей железа, меди в консервируемую массу (например, применением аппаратуры из нержавеющей стали) удается сохранить витамин С в томатах почти полностью.

Относительно сохранности каротина в консервах имеются также данные Витаминного института (Ростовская, 1939) по определению каротина в консервах, хранившихся в течение года. Так, в шпинате сохранялось до 40% исходного каротина, в щавеле также около 40%.

Относительно приготовления сушеных овощей известно, что в томатах довольно хорошо сохраняется каротин. В сушеном горьком перце сохраняется много витамина С. При этом сушка в тени дает лучшие результаты, чем солнечная (витамина С при сушке в тени 354 мг%, на солнце — 224 мг%). На количестве сахара характер сушки не сказывается.

Большую роль может сыграть обогащение консервов, бедных витамином С, специальным внесением его в форме концентрата или добавлением сырья, содержащего его достаточно. Но в таких случаях необходимо предварительно установить, насколько вносимый витамин сохраняется в консервах.

Из приведенных материалов видно, что усовершенствованием технологических процессов можно достигнуть полного сохранения всех ценных компонентов овощей, и таким образом основным моментом, определяющим качество продуктов, остается качество исходного материала.

По выяснению особенностей химического состава свежих овощей, могущих служить показателями пригодности овощей для переработки, пока сделано немного.

Относительно томатов довольно широко распространено мнение, что лучшие консервы получаются из плодов с более высоким сухим весом. Некоторые исследователи считают это мнение ошибочным [Скапритти (Scapritti, 1936)] и находят, что в первую очередь надо обращать внимание на соотношение сахара и кислот в исходном материале, причем сорта с высоким отношением следует предпочитать.

Выявлению химических показателей пригодности для консервирования зеленого горошка посвящен ряд работ американских исследователей. Они нашли корреляцию между содержанием спиртонерастворимых веществ в горошке и качеством консервов.

В заключение следует остановиться на показателях вкусовых достоинств овощей, особенно в отношении овощей, прибавляемых в качестве приправы к разным консервам.

У нас в Союзе этими специфическими веществами занимаются весьма недостаточно, в то время как значение их, в связи с участием, которое они принимают в процессах пищеварения, является весьма важным.

Такими веществами в первую очередь являются вещества перца и лука.

В биохимической лаборатории ВИР методы определения этих веществ аппробированы и найдены значительные отличия между сортами перцев и луков по этим показателям (В. В. Арасимович и Л. С. Иванова, 1939; Н. Т. Прохорова и Л. Л. Прозоровская, 1939).

Так, например, у разных видов горького перца обнаружены такие колебания между сортами по капсаицину (в мг%):

C. annuum v. *longum*	от	365	до 502
» » » *fasciculatum*	»	211	» 360
» » » *cerasiformis*	»	222	» 392
» » » *acuminatum*	»	100	» 132 и т. д.

В разных сортах лука найдено от 18 до 40 мг% эфирного масла. Колебания в содержании масла в сорте Арзамасском, выращенном на разных участках, следующие: от 18—20 мг% (Москва, Рогачевский участок) до 31 мг% (Ленинград).

Эти данные говорят о необходимости включения химических показателей вкуса в оценку качества, взамен практикуемого метода дегустации, не являющегося объективным критерием.

Отбирая наиболее ценный селекционный овощной материал соответствующей степени зрелости, улучшая и совершенствуя технологические процессы во время консервирования, промышленность должна добиться получения таких консервов, которые могли бы целиком обеспечить население Союза витаминным питанием во время зимнего перерыва.

Выводы

1. Решающее значение для качества овощных консервов имеет качество исходного сырья. Химическая изменчивость овощей очень велика, поэтому необходимо считаться с сортовыми отличиями, с условиями выращивания овощей и т. д. Особенно следует учитывать отличия в химическом составе овощей в зависимости от сроков уборки их (начало — конец сезона).

2. Необходимо считаться при консервировании овощей (томаты, перец) с отличиями их химического состава в зависимости от степени зрелости. Плоды перца в биологической зрелости содержат больше витамина С и сахаров, чем в консервной (технической). Томаты вполне зрелые характеризуются лучшим сочетанием сахара и кислот, максимальным содержанием других веществ; в перезревших томатах содержание их снижено примерно наполовину.

3. Обзор литературных данных по изменению химического состава овощей в процессе их переработки показал, что усовершенствованием технологических процессов можно достигнуть почти полного сохранения всех ценных компонентов; таким образом, решающим фактором остается качество используемого сырья.

4. Отсутствие определенных данных о значении отдельных химических компонентов овощей для качества консервов говорит о необходимости направления работы в эту сторону.

Биохимическая лаборатория.
Всесоюзный институт растениеводства.

Поступило
14.IV.1939.

ЛИТЕРАТУРА

1 Арасимович В. В. и Л. С. Иванова, Доклады ВАСХНИЛ, вып. 5—6, 1939.
2 Биляпский Ф. М. и Е. Я. Бардах. Консервн. и плодоов. промышленн., № 6, 1938.
3 Бирюков Д., Консервн. и плодоов. промышленность, № 3 и 4, 1938.
4 Букин, В. Н. и М. Ф. Ступак. Сборник Проблема витаминов, 2, 1938.
5 Гомоляко Л. Г., Сборник Проблема витаминов, 2, 1937.
6 Милованова Л. В., Биохимия культ. растений, IV, 1938.
7 Палей Т. Я., Консервн. и плодоов. промышленн., 5, 1938.
8 Прохорова Н. Т. и Л. Л. Прозоровская. Доклады ВАСХНИЛ, вып. 16, 1939.
9 Прохорова Н., Физиолого-химическое изучение капусты, Диссертация (Рукопись).
10 Ростовская, Персональное сообщение, 1939.
11 Рубин Б. А. и В. Е. Трупп, Доклады Академии Наук СССР, т. 3, 5, 1935.
12 Рубин Б. А. Труды майской сессии Акад. Наук СССР, Иммунитет культ. растений, 1935.
13 Рубин Б. А., Биохимия хранения овощей, Известия Акад. Наук СССР, № 4, 1936.
14 Слепых Д. А., Консервн. и плодов. промышленн, № 3 и 4, 1938.
15 Шепилевская Н. Е. и Н. С. Ярусова, Консервн. и плодов. промышленн, № 1, 1938.
16 Borntträger A., Zeit. Untersuch. Nahr. Genussm., 50, 1925; там же, 55, 1932; Zeit. Untersuch. Lebensmitt., 63, 1932.
17 Leonard A., Zeit. Untersuch. Lebensmitt., 60, 1930.
18 Scapritti G., Revue Internat. d'Agricult. Bull. Rens. Techn., 27 (3), 1936.

V. V. ARASIMOVICH. BIOCHEMICAL INDICE-CHARACTERS OF VEGETABLES AS RAW-MATERIAL FOR CANNING

SUMMARY

1) Of decisive importance for the quality of canned vegetables is the quality of the raw material. The chemical variability of vegetables is very great; hence, it is necessary to take into account varietal differences, the conditions under which the vegetables are grown, etc. Differences in the chemical composition of vegetables depending on the time of harvest (from the beginning to the and of the season) are of particular importance.

2) In canning such vegetables as tomatoes or peppers, differences in their chemical composition depending on the degree of ripeness should also be taken into account. Peppers, when biologically ripe, coutain more vitamin C and sugars than at that stage of ripeness at which they are usually canned. Fully ripe tomatoes contain sugar and acids in the best proportions and the maximum amount of other valuable substances, while over-ripe tomatoes contain only about half of this amount.

3) A review of the data iu the literature on changes in the chemical composition of vegetables during canning shows that by perfecting the technological processes all the valuable couponents may be almost completely preserved. Hence, the quality of the raw material remains the decisive factor.

4) The lack of definite data on the significance of the various chemical components in vegetables for the quality of the canned product indicates the need of carrying on research work along this line.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

А. А. ШМУК

ВКУСОВОЕ КАЧЕСТВО ТАБАКА И ЕГО ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Разработка методов, определяющих соответствие вкусового качества пищевых продуктов их химическому составу, имеет большое практическое значение в деле борьбы за качество пищевых и вкусовых изделий.

Решение этой задачи особенно трудно тогда, когда продукт потребляется ради доставляемых им вкусовых ощущений (чай, табак, вино и пр.)

Сложная сумма вкусовых ощущений, получаемых курильщиком, определяется содержанием в табаке очень разнообразных веществ, что, конечно, сильно затрудняет как их учет, так и удельную оценку вкусового значения каждого из них. Значительно проще определить калорийность пищевого продукта или содержание в нем прямых продуктов питания (белки, углеводы, жиры и т. д.), чем оценить его сложные вкусовые достоинства.

При объективной оценке вкусовых продуктов совершенно нельзя руководствоваться учетом содержания одного или только нескольких элементов состава; так, например, в отношении табака сейчас установлено, что почти все группы его состава обладают способностью так или иначе отражаться на вкусовых ощущениях курильщика.

Мы можем выделить в этом сложном составе лишь отдельные группы веществ, которые могут иметь более сильное влияние на вкусовые свойства табака, чем другие, но несомненно, что вся сумма вкусовых ощущений является результатом сочетания действия почти всех элементов состава табака.

Вкусовые ощущения, доставляемые табаком курильщику, являются результатом известного гармонического сочетания действия большинства элементов состава табака.

Учет этой гармоничности является наиболее трудной стороной решения всей проблемы объективной оценки качества табака. В составе табака мы можем в настоящее время указать целый ряд веществ, которые в известных пределах их содержания обладают совершенно ясным отрицательным или положительным влиянием на его вкусовые достоинства.

Так, углеводы, эфирные масла, смолы и др. являются элементами, влияющими на качество табака весьма положительно; белки, пектиновые вещества, органические кислоты и др. влияют отрицательно.

Мы не можем, однако, для этих веществ принять общую формулу прямой зависимости, которая может быть приложена для многих пищевых продуктов, и не можем сказать, что во всех случаях при увеличении содержания углеводов качество табака всегда будет лучше. Оно будет лучше лишь в том случае, если с высоким содержанием углеводов будет гармонично связано также и действие других элементов состава табака.

Однако всегда повышение содержания углеводов в пределах сохраняющейся гармоничности с остальными элементами состава соответствует более высоким вкусовым качествам табака.

Понижение содержания белка в табаках всегда указывает на его лучшие вкусовые качества, но если лишить табак полностью белка, то его курительное достоинство было бы крайне низко, и такие табаки потеряли бы полноту своих вкусовых ощущений, потеряли бы крепость, потеряли бы ту долю горечи, которая

в общем вкусе, в известных пределах, является скорее положительной, чем отрицательной.

Для оценки качества табака важно не только знание абсолютного содержания тех или других элементов его состава, но и их отношение друг к другу, поэтому наиболее удобно вкусовое качество табака оценивать условными числами, выражающими эти отношения: углеводно-белковое число, полифенольное число, никотиновое число, реакция дыма и пр.

Для наиболее важных веществ, с точки зрения их влияния на вкусовое качество табака, как углеводы и белки, редко наблюдается, чтобы их нарастание (углеводы) или снижение (белки) было столь значительным, что могло бы вызвать нарушение гармоничного сочетания вкусовых свойств табака. Поэтому в отношении как углеводов, так и белков в табаках мы в широких пределах имеем постоянную правильность — с увеличением содержания углеводов вкусовое достоинство табака правильно возрастает, а с увеличением содержания белков (и вообще азотистой группы) вкусовое качество табака правильно снижается.

Сложность объективной аналитической оценки качества табака увеличивается еще тем, что курильщиками потребляется не табак, а табачный дым.

Поэтому объективные показатели, определяющие вкусовые достоинства табака, должны были бы быть разработаны не в отношении табачного материала, а в отношении дыма. Но это является настолько сложной задачей, что в настоящее время для оценки дыма табака имеется всего лишь два аналитических показателя, которые хорошо согласуются с действительной вкусовой качественностью дыма.

Значительно легче удалось установить ряд аналитических признаков, характеризующих состав табачного материала и хорошо согласующихся с вкусовым качеством дыма.

Проявление положительных и отрицательных свойств табачного материала при курении всегда, однако, связано со степенью так называемой «горючести» табачного материала, выражающей способность табака к тлению. Горючесть в значительной степени определяет собой вкусовое достоинство дыма.

Мы можем иметь табачный материал, содержащий очень благоприятный набор положительных элементов состава, с большой степенью гармоничности, но различная горючесть табака может совершенно изменять состав табачного дыма, и в зависимости от этой горючести будет разное вкусовое качество дыма.

Горючесть является общим фоном проявления как положительных, так и отрицательных свойств табачного материала, причем хорошая горючесть табака способствует сильному выявлению положительных свойств табака и некоторому уменьшению проявления его отрицательных свойств. Табаки более высокого вкусового качества всегда имеют более высокую горючесть**.

Таблица 1

Горючесть табачных изделий *

Высший сорт	5 мин. 12 сек.
I сорт А	4 „ 02 „
I » Б	2 „ 50 „
II » А	2 „ 00 „

В зависимости от различной горючести табака резко изменяется химический состав дыма.

Так, в опыте, в котором был взят один и тот же табак, но условия его горения были различны, были найдены следующие изменения в составе дыма.

Мы наблюдаем в этом опыте крайне резкие изменения в щелочности дыма, в содержании никотина в дыму, а также и в содержании смол. Нет сомнения, что и остальные составные части дыма изменились не менее резко.

---

* Все цифровые материалы, приводимые в настоящей работе, являются типичными и вполне соответствуют очень многочисленным аналитическим данным по исследованию табаков.

** Горючесть табака выражают в продолжительности спокойного тления табака, набитого в папиросную гильзу стандартного размера и зажженного в определенных условиях.

Таблица 2

Химический состав дыма, в зависимости от условий горения

Время горения, в мин.	Щелочность дыма	Никотин дыма	Смолы дыма
5	5.23	0.95	8.12
9	2.03	0.73	7.55

Наиболее важным признаком оценки вкусового качества табачного дыма является величина его щелочности.

Необходимо отметить, что термин «щелочность» дыма не является удачным, так как есть табаки, имеющие слабо кислую реакцию табачного дыма. Эти табаки характеризуются большой жгучестью своего вкуса.

Щелочность дыма принято выражать в мл 0.1 н. кислоты, необходимой для нейтрализации дыма от 1 г сгоревшего табака.

Таблица 3

Щелочность дыма и качество табака

Трапезунд*	В мл 0.1 н. кислоты
50	0.2
40	1.0
30	2.4
20	5.6
Дюбек	
40	1.2
30	3.4
20	4.1
10	4.5

Из табл. 3 ясно видно, что щелочность дыма заметно возрастает при переходе от высшего сорта к низшему сорту табака. Такие же правильности, как по сортам Трапезунда и сортам Дюбека, мы имеем по всем группам исследованных папиросных табаков.

В настоящее время определение щелочности дыма является общепризнанным методом определения вкусового качества желтых восточных табаков, причем качество табака тем лучше, чем менее щелочен дым. Лучшие сорта табака имеют почти нейтральный или даже очень слабо кислый дым.

В реакции дыма мы имеем основное отличие папиросных табаков от сигарных, которые всегда дают щелочный дым как в главной, так и в побочной струе дыма.

Папиросные же табаки дают в побочной струе гораздо более щелочной дым, чем в главной струе дыма, имеющей иногда даже кислую или слабо щелочную реакцию. Это отличие обусловлено, главным образом, тем, что в составе сигарных табаков почти отсутствуют растворимые формы углеводов, в то время как папиросные табаки богаты содержанием углеводов**.

Реакция табачного дыма в сильной степени зависит от относительного содержания углеводов и азотистых веществ в табаке: углеводы определяют кислую, а белки — щелочную реакцию табачного дыма.

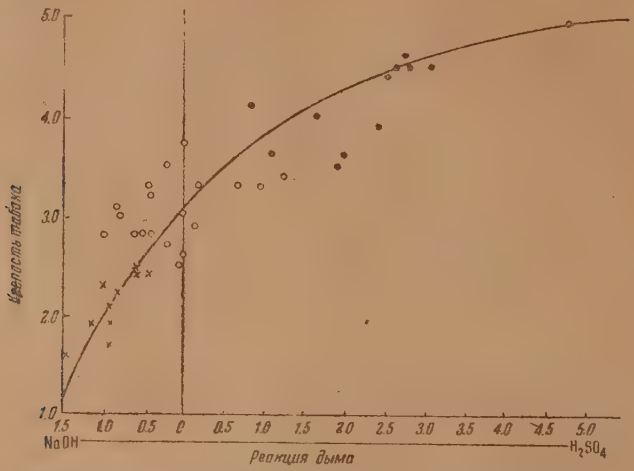
Вкусовая крепость папиросных табаков хорошо согласуется с реакцией табачного дыма, вкусовое ощущение всегда тем более крепко, чем выше щелочность дыма, кислый дым дает ощущение не крепости, а некоторой остроты или слабой жгучести вкуса (фиг. 1).

Оценка крепости табака производилась дегустационной комиссией по пятибалльной системе. Высшим баллом оценивались самые крепкие табаки.

* Сорта табака в этой таблице, как и в последующих, обозначаются номерами: чем выше номер, тем выше товарное и вкусовое качество табака.

** Главная струя дыма проходит через папиросу или сигару, побочная же струя выделяется с горящего конца непосредственно в окружающий воздух.

Необходимо иметь в виду, что понятие вкусовой крепости табака не является идентичным с понятием его физиологической крепости, обусловленной содержанием никотина.



Фиг. 1. Соответствие вкусовой крепоси табачного дыма и величины его щелочности. Крестиками обозначены слабые табаки, светлыми кружками — табаки средней крепости и черными кружками — крепкие табаки

Никотин является главным алкалоидом в табаках, обычно сопровождаемым небольшим количеством других сопутствующих алкалоидов, и ему принадлежит главная роль в создании специфичной физиологической крепости табака, тем не менее высокое содержание никотина может быть поставлено в соответствие не только с физиологической крепостью табака, но отчасти и с его вкусовой крепостью.

Таблица 4

Общее содержание никотина и качество табака

Образец	Никотин, в %	Свободный никотин, в %
Кубань		
50	1.00	0.04
40	1.19	0.05
30	1.38	0.06
20	1.77	0.09
10	1.65	0.08
Дюбек		
40	1.23	0.02
30	1.41	0.05
20	1.62	0.06
Самсун		
I сорт	0.93	0.01
II »	1.09	0.02
III »	1.82	0.03

Общее содержание никотина в табаках и связь его с вкусовым качеством дыма даны в табл. 4.

Для никотина всегда наблюдается такая правильность, что содержание никотина увеличивается от высших сортов табачного сырья или табачных изделий к низшим сортам.

Нередки, однако, случаи, когда самые низкие сорта табаков, как это имеет место, например, для Кубани (табл. 4), содержат несколько меньшее количество никотина, чем примыкающие к ним лучшие по качеству сорта табаки. Это объясняется тем, что в самые низкие сорта табака относят брак, который заключает различные по вкусовому качеству табаки.

Несмотря на такую правильность соответствия между меньшим

содержанием никотина и лучшим вкусовым качеством табака, последний должен содержать некоторое определенное количество никотина, без которого качество табака не может считаться полноценным.

Никотин, хотя и не вызывает у курильщика ценных вкусовых ощущений, но он обусловливает то специфическое действие, ради которого по существу человечество и курит.

На основании многочисленных анализов установлено, что оптимальными нормами содержания никотина являются для высших сортов 1.2—1.5%, для сортов среднего качества 1.5—1.7%, для сортов низкокачественных выше 1.7%. Высокое содержание никотина в табаке сказывается не только в увеличении физиологической крепости, т. е. своеобразного наркотического действия никотина на организм, но и в сильном изменении щелочности дыма, что связано с плохими вкусовыми ощущениями и с высокой вкусовой крепостью.

В табл. 4 показано процентное содержание так называемого «свободного никотина».

Термин «свободный никотин» прилагают к той форме никотина в табаке, который без подщелачивания способен отгоняться с паром или извлекаться органическими растворителями. По существу этот термин является неудачным, так как весь никотин, благодаря кислой реакции папиросных табаков, является связанным в соль и, следовательно, не может считаться свободным, но некоторые соли никотина легко гидролизуются.

Степень гидролиза солей никотина находится в соответствии с реакцией табака. Чем кислее реакция табака, тем слабее гидролитический распад этих солей; при более щелочной реакции гидролиз выражен значительно сильнее. «Свободный никотин» как раз соответствует этой легко гидролизующейся форме солей никотина в табаке.

Количество в табаке «свободного никотина» очень хорошо согласуется с его качеством. Чем хуже вкусовое качество табака, тем больше он содержит свободного никотина, причем эта форма никотина находится в хорошем соответствии с вкусовой крепостью табака.

Табаки, более крепкие, имеющие сильно щелочную реакцию табачного дыма, характерны и более щелочной реакцией самого табачного материала и в то же время большим содержанием свободной формы никотина. В отдельных случаях для очень грубых и крепких табаков количество свободного никотина может достигать 30% от общего содержания никотина.

В средних по качеству табаках величина содержания свободного никотина выражена обычно в очень небольших величинах, сохраняющих, однако, также правильное и закономерное изменение в соответствии с качеством табака.

Непосредственное определение реакции табака, как находящейся в соответствии с содержанием свободного никотина, также позволяет оценить вкусовое качество табака: более щелочные табаки обычно имеют более плохие вкусовые свойства.

Таким образом, реакция табачного материала, содержание свободного никотина и величина щелочности табачного дыма являются взаимно связанными

Папиросы:	pH
высшие сорта	4.93
средние сорта	5.00
нижесредние сорта	5.11
низшие сорта	5.17

друг с другом признаками, хорошо определяющими вкусовое достоинство табака, особенно со стороны его вкусовой крепости.

Для оценки этой же стороны вкусового достоинства табака принято в настоящее время пользоваться еще двумя условными числами, выражающими соотношение азотистых групп состава табака.

Таблица 5

Реакция табака и его качество

Образец	pH
Трапезунд	
40	5.22
20	5.50
10	5.55
5	5.76

Никотиновое число, являющееся частным от деления процентного содержания общего количества никотина на процентное содержание свободного никотина, хорошо характеризует вкусовое качество табака.

Это число, как отражающее не только абсолютное содержание отдельных форм солей никотина в табаке, но и их относительное соотношение друг с другом, важно в том смысле, что оно указывает на известную гармоничность в сочетании этих групп. Чем выше число, тем лучше табак, тем благоприятнее качество вкусовой крепости.

Таблица 6

Никотиновое число

Образец	Никотин, в %	Свободный никотин, в %	Никотиновое число
Кубань			
50	0.98	0.03	32
40	1.01	0.07	13
30	1.15	0.07	15
20	1.39	0.21	6
Самсун			
I сорт	2.13	0.16	13
II „	2.64	0.36	7
III „	2.16	0.36	6

Азотное число, также применяемое для оценки вкусового качества табака, вычисляется делением азота никотина на азот аммиака. Аммиак является одним из наиболее отрицательно действующих веществ состава табака, сообщающих значительную резкость вкуса.

Азотное число всегда выше у хороших по вкусу и крепости табаков и сильно снижается у табаков низкого качества.

Таблица 7

Азотное число	
Высший сорт	1.83
I сорт А	1.20
II „ А	0.86
II „ Б	0.71

Таблица 8

Влияние аммиака на качество

Образец	%
Дюбек	
40	0.055
30	0.085
20	0.099
10	0.132

Резкое влияние возрастающего количества аммиака на снижение вкусового качества табака ясно видно из цифр табл. 8.

Аммиак в значительной степени переходит в табачный дым, и щелочность дыма, являющаяся одним из очень важных признаков качества табака, почти на 70—80% составлена из щелочности содержащегося в дыму аммиака (табл. 9).

Указанные закономерности в оценке вкусовой крепости табаков и вкусового качества этой крепости, как видим, настолько хорошо согласуются с аналитическими признаками (содержание никотина, свободного никотина, общая щелочность дыма, содержание аммиака, азотное и никотиновое числа), что

Таблица 9

Содержание NH_3 и никотина в дыму (на 1 г сгоревшего табака)

Образец	Щелочность		
	общая	аммиачная	алкалоидная
Майкоп			
50	1.10	0.7	0.4
40	2.40	1.8	0.6
30	3.30	2.30	0.8
20	4.73	3.90	0.83
10	5.61	4.60	1.01

позволяют успешно и легко осуществить объективный аналитический контроль этой стороны вкусового качества табака.

Значительно более трудно оценить другую сторону вкуса табака — его ароматичность.

До недавнего времени предполагали, что главными элементами состава табака, обусловливающими его ароматичность, являются содержащиеся в табаке эфирные масла и некоторые компоненты смол.

Действительно, в большинстве случаев более ароматичные табаки содержат всегда большее количество эфирных масел.

Также во многих случаях мы находим известное соотношение ароматических свойств табака с некоторыми компонентами смоляного комплекса, в частности с резенами, но нередко мы имеем исключения из этих закономерностей.

Групповые и сортовые различия в табаках резко изменяют указанные закономерности, сохраняющиеся лишь внутри сортов, но не между сортами табака, и это позволяет считать, что эфирные масла и отдельные компоненты смол обладают различными свойствами у разных сортов табака, что очень затрудняет их относительную и сравнительную оценку.

Помимо эфирных масел и смол, имеющих сильное специфическое влияние на аромат табака, весьма вероятно, что и все остальные элементы состава табака в той или иной степени принимают участие в создании его аромата.

Таблица 10

Содержание эфирного масла

Образец	%	Образец	%
Американ		Дюбек	
50	0.27	40	0.60
40	0.33	30	0.45
30	0.29	20	0.27
20	0.19	10	0.26
10	0.14		
Кубань		Майкоп	
50	0.30	50	0.34
40	0.22	40	0.25
30	0.16	30	0.16
20	0.16	20	0.15
10	0.14	10	0.13

Если искусственно удалить из табака эфирные масла, а также и смолы, подвергая табак выщелачиванию тем или другим органическим растворителем, то у такого табака при его прокуривании все-таки сохраняется известная специфичность оттенков табачного аромата. Поэтому в настоящее время мы считаем, что ароматические свойства табака далеко не определяются только эфирными маслами и смолами, а гораздо более обширной группой веществ его состава.

Даже чистые белки, дающие при сгорании очень неприятный запах, могут при известной малой дозе этого запаха войти в известную гармонию табачного аромата как положительный компонент.

Большинство элементов состава табака при сгорании будет активно в отношении создания табачного аромата, и лишь для некоторых веществ, как смолы и эфирные масла, мы находим более резкое, более сильное и более специфическое влияние (табл. 10).

Таблица 11

Редуцирующая способность дыма (мг меди на 1 г сгоревшего табака)

Образец	%
Самсун	
I сорт	14.09
II „	8.32
III „	4.07
IV „	2.45
Дюбек	
40	7.62
30	6.60
20	2.54
10	0.66

Известно много попыток условного определения суммарной ароматичности самого табачного дыма, однако эти попытки не привели к прочным аналитическим методам.

Наибольшее значение получил способ определения редуцирующей способности табачного дыма (в отношении жидкости Фелинга).

Вероятнее всего редуцирующая способность табачного дыма обусловлена присутствием в нем альдегидов и кетонов. Общая редуцирующая способность дыма находится в очень хорошей согласованности с общей оценкой вкусового достоинства табака, а не только со степенью его ароматичности (табл. 11).

Наиболее важным признаком оценки вкуса папиросного табака является содержание в табаке углеводов и белков, причем, как это было указано, качество табака улучшается при возрастании содержания углеводов и при уменьшении содержания белков.

Таблица 12

Содержание углеводов (в %)

Образец	%	Образец	%
Кубань		Майкоп	
30	7.25	40	9.95
20	5.05	30	6.84
10	2.61	20	5.03
5	1.93	10	3.36
Самсун		Дюбек	
I сорт	12.39	40	12.85
II „	11.05	30	12.65
III „	6.18	20	9.78
		10	6.83

Содержание белков и углеводов в табаках находится во взаимной обратно пропорциональной зависимости, и табаки с высоким содержанием углеводов обычно бедны содержанием белков (табл. 12 и 13).

Таблица 13

Содержание белков (в %)

Образец	%	Образец	%
Кубань		Дюбек	
50	8.08	40	8.63
40	9.63	30	8.94
30	9.25	20	10.63
20	10.94	10	11.00
10	12.94		
Майкоп		Самсун	
40	9.87	I сорт	7.68
30	9.51	II „	8.73
20	12.16	III „	11.68
10	12.72		

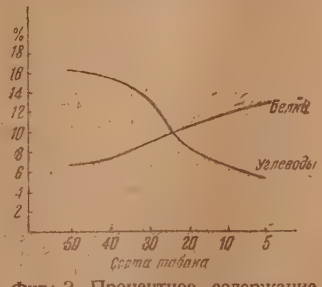
Если эту зависимость в процентном содержании белков и углеводов в табаках представить в форме диаграммы, то обычно можно наблюдать перекрещивание линий белка и углеводов, примерно для средних по вкусовому качеству табаков (фиг. 2).

Таким образом, значение отношения процентного содержания углеводов к процентному содержанию белков для средних по качеству табаков будет приблизительно равно единице. Значение этого отношения, меньшее единицы, характеризует нижесреднее качество табаков, а значение, большее единицы, должно характеризовать табаки вышесреднего качества. Чем выше значение углеводно-белкового числа, тем лучше качество табаков. Это позволило нам уже много лет тому назад предложить углеводно-белковое число для оценки вкусового качества табака, и оно скоро и прочно завоевало общее признание, получив в практике название «число Шмука» (табл. 14).

Таблица 14

Углеводно-белковое число

Папиросы	
Высший сорт	2.05 — 1.82
I сорт А	1.40 — 1.19
I „ Б	1.10 — 0.85
II „ А	0.84 — 0.72
II „ Б	0.66 — 0.49
„	0.48 — 0.44



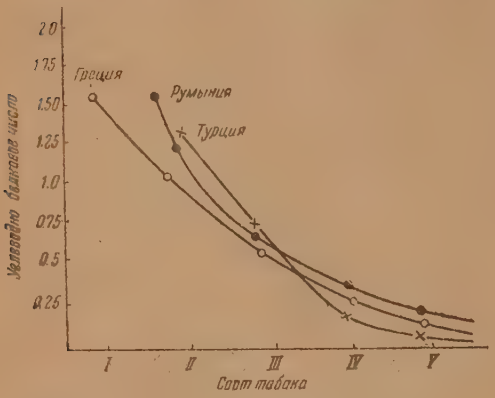
Фиг. 2. Процентное содержание белков и углеводов в табаках

В углеводно-белковом числе сочетаются два признака, сильно влияющие на качество вкуса табака, поэтому в числе наиболее выпукло выражена степень гармоничности в сочетании этих веществ, столь ответственных во вкусовых свойствах папиросных табаков.

Хорошее соответствие между высотой углеводно-белкового числа и качеством папиросных табаков отмечено также и в иностранных работах (фиг. 3).

Углеводно-белковое число не пригодно для оценки качества сигарных табаков и высоко ароматичных купажных табаков.

Величина углеводно-белкового числа находится в очень хорошем обратном соответствии с другим важным аналитическим признаком оценки вкусового качества табака, именно со щелочностью табачного дыма (табл. 15).

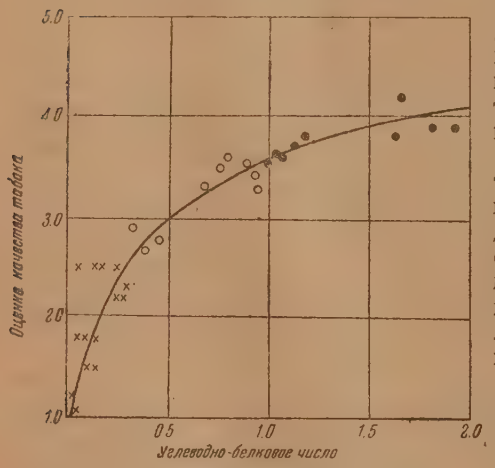


Фиг. 3. Согласованность величины углеводно-белкового числа с качеством папиросных табаков

Таблица 15

Углеводно-белковое число и щелочность дыма

Образец	Число	Щелочность
Трапезунд		
50	2.2	0.2
40	1.8	1.0
30	1.2	2.4
20	0.6	5.6



Фиг. 4. Согласованность вкуса табака с величиной углеводно-белкового числа. Крестиками обозначены табаки низшего качества, светлыми кружками — среднего качества; черными кружками — лучшие табаки

Таблица ясно показывает, что относительное содержание белков и углеводов в табаке действительно самым непосредственным образом должно сказаться на вкусовых ощущениях, ибо как раз углеводно-белковое отношение определяет реакцию табачного дыма, т. е. обусловливает прямые вкусовые ощущения.

Хорошая согласованность вкуса табака с величиной углеводно-белкового числа видна из следующей диаграммы, на которой отложены оценка табаков дегустанционной комиссией (по зашифрованным образцам) по пятибалльной системе и величина значения их углеводно-белкового числа (фиг. 4).

Папиросные табаки всегда содержат в сравнительно значительном количестве так называемую группу полифенольных веществ, обладающих, так же как и углеводы, способностью редуцировать жидкость Фелинга.

В состав этой группы входят некоторые глюкозиды, аглюконами которых являются вещества полифенольного характера, а также полифенольные кислоты: хинная, кофейная, хлорогеновая.

Вся группа этих веществ не имеет того положительного влияния на вкусовые свойства табака, какое имеют углеводы, и относительное возрастание содержания полифенольных веществ по отношению к углеводам в папиросных табаках всегда сопряжено с понижением вкусового достоинства табаков.

Процент полифенольных веществ (выраженных в глюкозе) по отношению к общему количеству содержания редуцирующих веществ в табаке получил название «полифенольного числа» (табл. 16).

Таблица 16

Полифенольное число

Образец	%	Образец	%	Образец	%
Кубань		Дюбек		Самсун	
50	21.28	40	18.67	I сорт	34.25
40	24.82	30	18.74	II »	36.80
30	26.95	20	28.55	III »	41.30
20	35.07	10	29.66		
10	35.45				

Чем выше полифенольное число, тем ниже качество папиросного табака.

Содержащиеся в желтых папиросных табаках пектиновые вещества также находятся в хорошем обратном соответствии с вкусовым качеством табака, правда, это соответствие выражено значительно слабее, чем для углеводов, но тем не менее в табаках худшего качества всегда содержание пектиновых веществ выше, чем в табаках высшего качества (табл. 17).

Таблица 17

Пектиновые вещества

Образец	%	Образец	%	Образец	%
Кубань		Сухум		Майкоп	
50	13.40	40	14.66	50	15.8
40	14.15	20	18.45	40	16.9
30	17.54			20	16.8
20	18.51			10	20.7
10	18.85				

Высота содержания пектиновых веществ в табаках могла бы, таким образом, служить достаточно хорошим аналитическим признаком качества табака, но, к сожалению, сложность методов определения содержания пектиновых веществ в табаках весьма затрудняет такую оценку.

Интересное соответствие наблюдается между метиловым спиртом, входящим в состав пектиновых веществ, и вкусовым качеством табака (табл. 18).

Таблица 18

Метиловый спирт и качество табака

Образец	%	Образец	%
Кубань		Самсун	
50	0.73	I сорт	0.61
40	0.71	II »	0.46
30	0.60	III »	0.42
20	0.53	IV »	0.36
10	0.46		

Таким образом, хотя метиловый спирт и является составной частью пектиновых веществ, тем не менее для него наблюдается противоположная связь

с вкусовым качеством табака, чем для самих пектиновых веществ. Это объясняется или разным режимом ферментации различных сортов табака и различной степенью отщепления и потери метилового спирта при этом процессе, или присутствием в табаках других форм (непектиновых) метилового спирта.

Группа органических кислот (щавелевая, яблочная и лимонная) также находится в обратном соотношении с вкусовой качественностью табака (табл. 19).

Таблица 19

Сумма содержания органических веществ

Образец	%	Образец	%
Американ		Дюбек	
50	11.54	40	9.60
40	13.78	30	13.16
30	14.32	20	14.24
20	14.28	10	14.79
10	16.54		

Особенно сильное отрицательное влияние на качество табака оказывает лимонная кислота. Последняя накапливается в низкокачественных табаках и особенно в махорках до 10—12%.

Столь высокое количество лимонной кислоты в махорках позволило нам разработать способ промышленного получения лимонной кислоты из махорки, реализованный на действующем в настоящее время в СССР специальном заводе.

Накопление органических кислот в табаках обычно сопровождается соответственным же накоплением зольных элементов и, таким образом, более высокое содержание золы в табаках всегда свидетельствует о худшем вкусовом качестве табака (табл. 20).

Таблица 20

Содержание золы

Образец	%	Образец	%
Американ		Самсун	
50	13.91	I сорт	12.9
40	13.55	II »	14.4
30	14.72	III »	17.0
20	14.89		
10	17.64		

Состав золы табака оказывает весьма сильное влияние на степень горючести табака, а следовательно, и на вкусовое качество табака, так как горючесть является тем основным фоном, на котором выявляются все вкусовые свойства табака.

Высокая горючесть табака, благоприятная для его вкусовых качеств, в сильной степени зависит от богатства табака калийными солями и от малого содержания в нем хлористых солей.

Особенно резкое влияние на горючесть, а следовательно, и на качество табака оказывает различие в формах содержащихся в нем солей. Если катионы золы связаны с минеральными анионами, т. е. в табаке преобладают неорганические соли, то качество табака много хуже, чем при преобладании органических солей минеральных катионов.

Различие в форме солей выражается в различной степени щелочности золы, получаемой при озолении табака. При преобладании органических солей над минеральными зола будет иметь более щелочную реакцию. Следовательно, степень щелочности золы должна в известной мере соответствовать качеству табака (табл. 21).

Удобным и быстрым методом, выражающим содержание в табаке зольных элементов и органических кислот, является определение электропроводности водных вытяжек из табака. Последняя всегда выше для табаков низшего качества, чем для табаков более высоких сортов (табл. 22).

Таблица 21

Щелочность золы (в 1 мл 0.1 н. кислоты на 1 г золы)

Папиросы	
Высший сорт	4.83
I сорт А	4.28
II » А	3.32
II » Б	2.70

Как видно из вышеизложенного, почти все основные группы состава табака — углеводы, пектиновые вещества, органические кислоты, смолы, эфирные масла, белки, аммиак, алкалоиды — оказывают совершенно ясное влияние на вкусовое качество табачного дыма.

Таблица 22

Электропроводность, в обратных омах

Самсун		Кубань		Американ	
I сорт	$4.61 \cdot 10^{-4}$	50	$4.25 \cdot 10^{-4}$	30	$6.00 \cdot 10^{-4}$
II »	$4.92 \cdot 10^{-4}$	30	$4.61 \cdot 10^{-4}$	20	$6.91 \cdot 10^{-4}$
III »	$5.90 \cdot 10^{-4}$	10	$5.82 \cdot 10^{-4}$	10	$7.00 \cdot 10^{-4}$
IV »	$5.90 \cdot 10^{-4}$				

Для многих из этих веществ удалось установить очень прочное соответствие между их количественным содержанием и качеством табака. Эти закономерные соотношения установлены и проверены на таком большом аналитическом материале, что в настоящее время можно предложить (для наиболее важных групп состава) ориентировочные нормы состава табаков, характеризующие отдельные сорта папиросных изделий (табл. 23).

Таблица 23

Состав табаков

	Высший сорт, в %	I сорт, в %	II сорт, в %	III сорт, в %
Никотин не выше	1.2—1.5	1.5—1.7	1.7—1.9	выше 1.9
Углеводы не ниже	12	7—12	4—7	ниже 4
Белки не выше	8	9.5—10.5	9.5—10.5	выше 10.5—12.0
Зола не выше	14	14—15	16—18	выше 18
Полифенольное число	ниже 30	ниже 40	ниже 50	ниже 60
Углеводно-белковое число	около 2.0	около 1.2	около 0.7	» 0.4
Азотное число	» 1.5	» 1.2	» 1.8	» 0.6

Конечно, эти нормы можно рассматривать лишь как ориентировочные, как характеризующие степень гармоничности в сочетании основных групп состава, резко влияющих на вкусовое качество табака, но руководство этими нормами позволяет достаточно объективно оценить вкусовое достоинство табачных изделий, особенно в целях сравнения их друг с другом.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Балабуха-Попцова В., Труды Института табачной и махорочной пр-сти, вып. 66, 1930.
[2] Пятницкий М., Труды Ин-та табачной и махорочной пр-сти, вып. № 51, 1929.
[3] Шмук А., Химия табака и махорки, Москва, Пищепромиздат, 1938.
[4] Шмук А., Сборники работ по химии табака, I—IX, Краснодар.
[5] Шмук А., Труды Ин-та табачной и махорочной пр-сти, вып. № 27, 1926; № 33, 1927; № 40, 1927; № 49, 1929.
[6] Brückner H., Biochemie d. Tabaks, Berlin, 1936.
[7] Vladescu J., Buletinul cultivarii tutunului, Bucuresti, v. XXIV — XXIX, 1935—1939.
[8] Waitzman L., Bull. Inst. Agron. Belgique, V, 1936.

A. A. SCHMUCK. THE TASTE QUALITY OF TOBACCO AND ITS CHEMICAL COMPOSITION

SUMMARY

Investigations have shown that separate groups of substances forming constituents of the smoking tobacco are soundly correlated with the taste quality of the tobacco and of the manufactured objects. The most striking influence upon the quality is exerted: by the group of the soluble carbohydrates, whose increase in content markedly improves the quality of the tobacco, by the group of the essential oils which strongly affect the aromatic properties of the tobacco and by some components of the resinous complex.

A negative influence upon the quality of tobacco is exerted by: the whole group of nitrogenous substances as contained in tobacco, proteins and ammonia in particular; the group of organic acids; the group of pectic materials, and a high accumulation of ashes. However the high quality of tobacco taste is determined not by the absolute content of certain groups in its chemical composition, but their mutual harmonious combination; so it is within the limits of such harmonious concordance only that the quality of the tobacco will proportionately be fit by an increase in the carbohydrates content, beyond these limits the accumulation of carbohydrates acquires the inverse significance producing an effect of alkalinity in tobacco smoke.

The quality of tobacco is best of all characterized by conventional figures, as follows: the carbohydrate-protein figure expressing the ratio of the percentage content of carbohydrates to that of protein; the «polyphenol» figure, showing the ratio of the percentage content of polyphenols to the whole group of reducing substances in tobacco; the «nitric» figure, showing the ratio of the nicotine nitrogen to the ammonia nitrogen; and the «nicotine» figure showing the ratio at the total amount of nicotine to its «free» form (easily hydrolysable).

The taste properties of the tobacco smoke are well defined by its reaction as well as by the reducing substances (Felling liquid) it contains.

The degree of alkalinity of the tobacco smoke is proportionate to the taste strength of tobacco, acid smoke causing the caustic effect on the savour. A neutral or a very weak alkaline reaction of the smoke is most beneficial. The higher the reducing capacity of smoke the higher the taste quality of cigarette tobacco.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

А. И. СМИРНОВ

О БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ КАЧЕСТВА ЗЕЛЕНОГО ТАБАЧНОГО ЛИСТА

(*Представлено академиком* А. Н. Бахом)

Качество табака, находящееся в определенном соотношении с его химическим составом, приобретается в последовательной цепи ряда биохимических процессов, происходящих как при созревании табачного листа, так и во время технологической обработки снятого урожая листьев.

Если в отношении готовых табачных изделий и листового табака, прошедшего сырьевую обработку, имеется достаточно полная картина связи качества с химическим составом, то в отношении зеленого табака эта связь еще далеко не может считаться выясненной. В отношении зеленого листа возможно в настоящее время говорить лишь о постановке вопроса по выработке биохимических показателей качества. Имеющиеся для готового табака и табачных изделий данные будут сильно видоизменены при перенесении их на зеленые табачные листья, поскольку состав последних подвергается довольно значительным изменениям во время технологической обработки урожая и поскольку к зеленому листу предъявляются особые требования со стороны осуществления процессов сырьевой обработки.

Происходящие в составе табачного листа изменения по некоторым из тех групп веществ, которые характеризуют качество конечного продукта, неоднократно исследовались. Исходя из этих изменений, можно было бы с некоторой приближенностью, внося коррективы в показатели готового табака, подойти и к биохимическим показателям качества свежего табачного листа. С другой стороны, суждение о биохимических показателях качества зеленого листа возможно составить, исходя из химического состава зеленого листа на различных стадиях его спелости, поскольку от состояния спелости зеленого листа зависит качество конечного продукта. Мы не будем приводить всех цифр, касающихся изменения химического состава табачных листьев во время сырьевой обработки, поскольку они неоднократно сообщались и у нас и в заграничных работах. Укажем лишь, что основными, наиболее резко выраженными изменениями состава зеленых табачных листьев во время технологической переработки являются распад крахмала, уменьшение содержания углеводов и снижение количества белков и никотина при некотором нарастании аммиака. Изменяются те компоненты химического состава табачных листьев, содержание и соотношение которых в конечном продукте определяет его качество. Помимо этих основных для табачного сырья и готового табака показателей, мы имеем при сырьевой обработке изменения и по другим группам состава табака. Так, если в качестве показателя взять эфирное масло, то изменение его содержания и свойств при сушке и ферментации табака также имеет место, что обнаружено в нашей лаборатории лишь в самое последнее время.

На пути от свежего табачного листа к сферментированному происходит значительное нарастание выхода эфирного масла, причем весь процесс происходит и заканчивается при сушке *. При автолизе высушенного табака отмечается

* Нарастание выхода эфирного масла при сушке отмечено было в свое время для цветов табака (3).

некоторое понижение содержания эфирного масла. Качественные показатели масла растут как при сушке, так особенно и при ферментации. Следовательно, и в этом отношении имеются достаточно сильные изменения при сырьевой обработке табачных листьев.

Таблица 1

Изменение содержания и свойств эфирного масла в листьях табака (сорт «Тык-Кулак») при сушке и ферментации

	Количественное	Качественное	
		Эф. ч.	Кисл. ч.
При сушке	+288%	+27%	+17%
При ферментации (автолиз)	— 38%	+68%	+50%

Основываясь на показателях качества табака по свойствам табачного дыма, будем иметь и с этой стороны заметные изменения. В табл. 2 показано, как меняется за время автолиза высушенного табака щелочность и редукция главной струи табачного дыма, в зависимости от характера обработки (стадии сушки) свежего табачного листа.

Таблица 2

Изменение свойств табачного дыма при автолизе листьев табака (главная струя)

Характер обработки зеленого листа	Изменение при автолизе высушенного листа	
	щелочности дыма	редукции дыма
Быстро засушенный без томления	+ 9.4%	+ 0.9%
» » после томления	— 2.1%	+24.7%
Нормально вытомленный и высушенный	—19.2%	+28.1%

Наиболее сильное улучшение качества при автолизе, по изменению свойств табачного дыма, происходит после нормального томления и высушивания свежего табачного листа. Чем раньше обрывается технологический процесс сушки, тем меньше повышается качество табака при автолизе. Быстро засушенный (без томления) табак дает после автолиза сниженные показатели качества по дыму главной струи.

Ниже приводятся данные, полученные в нашей лаборатории Краснодарского с.-х. института по материалам ферментации табака в производственных условиях при двух различных режимах.

Таблица 3

Изменение свойств дыма табака при разных режимах ферментации (главная струя)

Условия ферментации	Проценты изменений	
	щелочности	редукции
Режим А	+51	—32
Режим Б	—31	+67

Эти данные (табл. 3) с определенностью показывают, что для будущего качества не безразлично, каким способом ферментировать табак с одинаковыми исходными свойствами. Режим А (так называемая ускоренная ферментация,

путем внешнего прогревания тюков табака до 50° С) дает повышение щелочности и понижение редукции дыма главной струи; режим В (нормально развивающаяся ферментация, с самосогреванием тюков табака не выше 35° С) дает прямо противоположные изменения свойств главной струи дыма: понижение ее щелочности и сильное повышение редукции *.

Резкое влияние сырьевой обработки на состав и свойства табака хорошо иллюстрируется данными последнего времени по сравнительному изучению сигарных и папиросных табаков [Венуш (Wenusch), 1938)]. Первые относятся к щелочной группе, вторые — к кислой. Между ними имеются существенные, прямо противоположные различия как по свойствам дыма главной струи, так и по составу и свойствам сухого вещества. Эти особенности возникают, главным образом, в сырьевой обработке, различной для сигарных и папиросных табаков. Зеленые листья табаков кислой и щелочной групп не разнятся по показателям, которые характеризуют в конечном продукте принадлежность табака к сигарному или папиросному типу.

Качество свежего табачного листа зависит, на фоне одних и тех же сортовых особенностей растения, при одинаковых почвенно-климатических условиях и стандартной агротехнике, от спелости убираемого табачного листа и от расположения его на стебле растения. Как спелость, так и ярусность имеют биохимические особенности, предопределяющие качество конечного продукта, получаемого в результате процессов сушки и ферментации. В созревающих листьях происходит накопление общей суммы углеводов, достигающее в период технической спелости максимума, и понижение содержания белкового азота относительно общего (Смирнов, 1928). По мере передвижения от нижних листьев к верхним наблюдается повышение содержания сухого вещества, абсолютное и относительное увеличение углеводов ([4, 6]) и понижение процентного содержания азота общего и белкового ([17]) при абсолютном увеличении их количества ([6, 13]).

Спелые листья папиросного табака имеют, по нашим наблюдениям, 60—75% белкового азота от общего, в неспелых же листьях белковый азот составляет от 75 до 90% от общего ([6]). Помимо этого, для состояния спелости табачного листа характерно максимальное, по сравнению с предыдущими стадиями, накопление сухого вещества (15—20%). Также и по ярусности наблюдается возрастание содержания сухого вещества от нижних ярусов к верхним ([6, 4]). Физические свойства сухого вещества спелых листьев характеризуются пониженной гидрофильностью. В связи с этим спелые листья обладают пониженной влагоемкостью и ослабленной водоудерживающей способностью, что имеет существенное значение для процессов сушки и ферментации. Влагоемкость сухого вещества спелых листьев, по нашим наблюдениям ([6]), достигает 55%, в то время как у неспелых она выше (до 70—90%).

Перespелые листья обедняются растворимыми соединениями вследствие оттока последних в стебель, обогащаясь клетчаткой и лигнином, не изменяющимися при технологической обработке и действующими отрицательно на качество конечного продукта, как это отмечает Брюкнер для восточных табаков ([11]).

Состояние спелости листа, имеющее хорошую внешнюю выраженность, имеет существенное значение прежде всего для процессов биохимических изменений в первую фазу технологической обработки, при сушке. Недоспелый лист

* Главной (или внутренней) струей дыма называют дым, проходящий через папиросу или сигару, вдыхаемый курящим. Второстепенной (или наружной) струей называют дым, отходящий от тлеющего конца папиросы или сигары. При раздельном анализе табачного дыма по главной и второстепенной струе удается обнаружить различия качества, не улавливаемые непосредственным анализом табака и анализом дыма без разделения его на главную и второстепенную струю (при выкуривании в беспрерывном токе воздуха, проходящего через стеклянную трубку с тлеющим табаком). Правильно примененная методика раздельного анализа дыма при прерывистом выкуривании папиросы дает хорошее схождение парных определений: отклонения не превышают 3—4%. Для успешности определений необходимо строго соблюдать одинаковую плотность набивки гильзы при одинаковой крупности табачного волокна и постоянную влажность табака, однородность и постоянство условий выкуривания ([9]). Отсутствие тщательного выполнения всех деталей техники прерывистого выкуривания приводит к сильно расходящимся результатам парных определений.

труднее вытамливается, не дает надлежащей окраски, сохраняя значительное количество хлорофилла, слабо распадающегося при ферментации ([10]) и дающего, по Кенигу ([12]), неприятный запах при сгорании. Неспелые более молодые листья табака, обладая повышенной энергией дыхания, сильнее расходуют углеводы при сушке, чем вполне спелые листья. По наблюдениям Венуша и Шоллера ([19]), понижение содержания в табачном листе редуцирующих веществ находится в тесной зависимости от жизнеспособности (Vitalität) листа, понижающейся с возрастом и спелостью. Для иллюстрации приведем три величины потери редуцирующих веществ при сушке табака в зависимости от состояния листа: зеленый лист — 65%; желтеющий лист — 22%; пожелтевший лист — 8%.

Такое различие получается, несмотря на то, что более молодые листья, как показали наши ранее опубликованные исследования ([7]), обладают более сильной амилазой, в результате действия которой пополняется расход редуцирующих веществ за счет усиленного расщепления крахмала. Недозрелые листья табака, сильнее расходуя при сушке редуцирующие вещества, обладают большим содержанием белкового азота, чем спелые, не только в свежем состоянии, но и после сушки ([8]). По нашим наблюдениям и по данным Мотеса ([18]), недозрелые листья имеют более стойкие, труднее атакуемые ферментами белки, чем спелые листья.

Имеющиеся данные ([4, 6]) достаточно наглядно подчеркивают особенности как ярусности, так и возраста или спелости зеленого табачного листа в связи с качественностью и отмечают огромную важность уборки листьев в полной спелости.

Значение спелости табачного листа для качества конечного продукта хорошо известно в производстве и указывается агроправилами, но в действительности ломка табачных листьев производится с огромными отступлениями от указаний, даваемых агроправилами. Среди убираемых при каждой ломке табачных листьев обычно, в современной практике, значительное преобладание невызревших листьев, т. е. таких, которые не могут дать при сырьевой обработке надлежащих изменений, не могут сохранять в достаточном количестве растворимых углеводов при сушке, не могут достаточно полно освободиться от хлорофилла и понизить содержание белков. Особенно часто в производстве попадаются недоспелые листья при уборке верхних ломок. По своему составу, определяемому ярусным расположением на стебле, они должны давать наиболее высококачественный продукт. Однако, попадая в неблагоприятные условия погоды позднего времени (низкая температура, частые осадки), они не в состоянии вызреть. Поэтому, как правило, из верхних ломок недобирается качество.

Как исключительное мероприятие, обеспечивающее искусственное дозревание и хорошее вытамливание листьев, может быть применен этилен в тех же

Таблица 4

Влияние этилена на ход изменений содержания крахмала и растворимых углеводов при томлении табака (+ большее, — меньшее содержание сравнительно с контрольными листьями, не подвергавшимися действию этилена)

Срок томления, в часах	Крахмал		Раствор-углеводы	
	Концентрация этилена			
	1 : 250	1 : 1000	1 : 250	1 : 1000
	Проценты			
3	— 21.5	— 4.7	— 3.6	— 5.7
6	— 0.9	— 8.6	+ 1.9	—12.5
12	+ 21.4	—20.3	+ 0.4	+ 1.4
24	+ 28.8	—27.5	— 0.9	—11.4
48	+ 31.4	—40.0	+ 3.6	—17.75
72	+134.7	—59.3	+49.3	+45.2

приблизительно концентрациях, как и при дозревании плодов. Указания на ускорение томления табака первоначально были сделаны итальянцем Росси ([15]), а позднее Пфютцером и Лошем ([14]). В опытах полупроизводственного характера авторам удалось установить, что этилен (а также и ацетилен) резко ускорял вытамливание и приобретение желтой окраски у листьев такой стадии зрелости, когда в обычных условиях сушки они, если не гибнут совсем, при стремлении вытомить их до потери зелени, то дают неприятный грязно-бурый цвет и плохие курительные качества. Помимо окраски, этилен резко улучшал и вкусовые свойства получаемого продукта (повышение в конечном продукте ароматичности и снижение резкости).

В табл. 4 даны суммарно некоторые результаты опытов по действию этилена на биохимические процессы в табачном листе при сушке ([1, 2]). Из них можно видеть, что особенно благоприятное действие на результат сушки недоспелого табачного листа производит этилен в концентрации 1 : 1000, при которой в листе остается меньше крахмала и больше сохраняется к концу томления растворимых углеводов, чем в контрольном опыте сушки листьев той же спелости, но без применения этилена*. При концентрации этилена 1 : 250 сильно ослаблен распад крахмала в связи с угнетением при этой концентрации активности амилазы (до 40%).

Помимо недоспелости листьев огромным недостатком современной производственной сушки табака является то, что в одну ломку попадают листья разной спелости. Каждая из стадий спелости требует своего режима сушки, своих условий и сроков ведения ее. Рассортировка по спелости зеленого листа выполняется производством очень слабо, и обычно при сушке на каждом шнуре можно обнаружить листья в самом разнообразном состоянии спелости. Спелые листья, которые должны дать наилучший продукт, попадают при этом в неблагоприятные условия, так как процесс в производстве ведется по преобладающей массе листьев, являющихся в большинстве недозрелыми. Спелые листья выходят поэтому из сушки с пониженным качеством. Недоспелые листья уже по биохимической особенности их не способны дать качественного продукта. В результате промышленность имеет в преобладающей массе очень сниженный ассортимент табаков.

Вопрос о равномерной и полной спелости табачных листьев при каждой ломке настолько кардинален в производстве табака, что на него должно быть обращено самое серьезное внимание и в первую очередь селекционеров и агротехников.

Своевременное выращивание табачной рассады и высадка ее в поле в равномерно развитом состоянии, своевременная очистка табачных плантаций от сорняков и другие рекомендуемые агроправилами мероприятия могут уже довольно значительно выравнять состояние спелости каждой ломки. Селекционерам необходимо заняться подбором и выведением таких сортов, которые давали бы сокращенный период вегетации при равномерности созревания листьев по ломкам, не упуская, конечно, при этом из виду качественной стороны в окончательном продукте.

Рассмотрение вопроса о биохимических показателях качества зеленого листа табачного растения побуждает нас к несколько более широким выводам, чем только вопрос контроля производства по зеленому сырью.

1. Разработанных биохимических показателей качества зеленого листа как средства объективного контроля зеленого сырья в настоящее время не имеется.

2. При выработке таких показателей необходимо исходить из данных по изучению биохимических процессов и изменений состава табака при сырьевой обработке и из биохимических особенностей свежих табачных листьев в связи с ярусностью и степенью спелости. Связь ярусности и спелости листа с качеством конечного продукта не подлежит сомнению.

---

* Влияние этилена на ферментную активность и дыхание табачных листьев совершенно такое же, как многократно отмечалось в литературе при изучении влияния этилена на дозревание плодов ([1]).

3. Качество конечной продукции может и должно быть значительно повышено, независимо от окончательной выработки биохимических показателей качества зеленого листа, путем выполнения агроправил по сбору каждой ломки листьев в полной и равномерной спелости по органолептическим показателям.

4. Поскольку современные недостатки качества продукции табачного производства зависят в основном и в первую очередь от невыполнения ряда агромероприятий, обеспечивающих надлежащее состояние спелости поступающего на сырьевую обработку табачного листа, ни выработка биохимических показателей качества зеленого листа, ни изменение технологии сырьевой обработки не в состоянии будут в отдельности поднять качество продукции на максимальную высоту, если не будет устранено поступление на сушку недоспелых и разноспелых листьев.

Институт биохимии.
Академия Наук СССР.

Поступило
14. IV. 1939.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Асмаев П. Г., Труды Краснодар. с.-х. ин-та, вып. VI, 49, 1937.
[2] Крайнев С. И., Там же, стр. 101.
[3] Курило М. Е., Труды Ин-та таб. промышл., Краснодар, вып. 90, 1932.
[4] Львов и Березнеговская, Экспериментальная ботаника, вып. I, Ленинград, 1933.
[5] Смирнов А. И., Planta, 6, 1928.
[6] Смирнов А. И., Физиолого-биохимич. основы обработки табачного сырья, Краснодар, 1933.
[7] Смирнов и Дрбоглав, Тр. Ин-та таб. пром., Краснодар, вып. 54, 1929.
[8] Смирнов и Извощиков, Там же, вып. 71, 1930.
[9] Смирнов и Крайнев, Характеристика сушки и ферментации по анализу табачного дыма, Ж. пр. хим., XI, 1665, 1931.
[10] Barta und Marschek, Ztschr. f. Unters. d. Lebensm, 76, 358, 1938.
[11] Brückner, Biochemie des Tabaks, Berlin, 1936.
[12] Koenig P., «Tabak» in Handb. d. Lebensmittltech., 6, 277, 1934.
[13] Mothes K., Planta, 6, 687, 1928.
[14] Pfützer und Losch, Die Umschau, 39, 202, 1935.
[15] Rossi J., Il Tobacco, Roma, № 446, 1934.
[16] Vickery, Putcher, Wakeman and Leavenworth., Carnegi Instit. of Waching. Publ., 445, 1933.
[17] Vlădescu J. D., Ztschr. f. Unters. d. Lebensm., 75, H. 2/3, 4, 5, 1938.
[18] Wenush Ad., Там же, 76, H. 5, 1938.
[19] Wenusch und Schöller, Там же, 76, 245, 1938.

A. J. SMIRNOV. BIOCHEMICAL INDICE-CHARACTERS OF THE QUALITY OF THE GREEN TOBACCO LEAF

SUMMARY

1. No biochemical indices of the quality of the green tobacco leaf that might serve as a means for objectively checking the green leaf's quality are known as yet.

2. The establishment of such indices must be based on data obtained from studying biochemical processes and changes in the composition of tobacco by curing and fermentation and on the biochemical peculiarities of fresh tobacco leaves as depending upon «storey» and degree of ripeness. The existence of such connexion of storey and ripeness with quality of final product is beyond doubt.

3. The quality of the final product can and shall be much bettered even without definitely established indices of the green leaf quality being available, by means of strictly observing agrotechnical rules in gathering each breaking of leaves which should be perfectly and uniformly ripe according to organoleptik indices.

4. Inasmuch the actual defects in the quality of the tobacco production are mainly and primarily caused by non observance of agrotechnical rules that provide for a proper degree of maturity of the tobacco leaves brought for drying. Consequently, neither establishment of biochemical indices of the green leaf, nor modification of the technological process will in any way be able to raise the quality of production to the maximum level unless unripe leaves, or unequally ripe, are kept away from curing.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

А. П. ЩЕРБАКОВ

ВЛИЯНИЕ ЭТИЛЕНА НА НАПРАВЛЕННОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ИНВЕРТАЗЫ В ЛИСТЬЯХ ТАБАКА (NICOT. TABAC. L.)

(*Представлено академиком* А. Н. Бахом)

За последние годы значительно расширены и углублены наши понятия о влиянии этилена на внутриклеточные процессы растительного организма.

Исследованиями Крайнева (1937), Асмаева (1937), Курсанова (1937) и Опарина (1937) ([13, 14]) подчеркнуто существенное влияние этилена на энзиматический аппарат растительной клетки. Так как в старых работах мы находим лишь отдельные отрывочные указания подобного рода, то значение последних исследований в свете современных представлений об обратимости действия ферментов особенно интересно и важно.

Крайнев (1937), работая с прорастающими семенами риса и листьями табака, заметил, что при известных условиях влияние этилена усиливает не только гидролитические, но и синтетические процессы. Особенно наглядно обнаруживалось это явление на сахарозе. Курсанов и Опарин (1937) ([9, 13, 14]), используя метод вакууминфильтрации, отмечают, что при известных дозах этилена (3 : 1000) синтетическая способность инвертазы возрастает, а гидролизующая снижается. Наблюдается смещение обратимого действия инвертазы в сторону синтеза, причем дальнейшее увеличение дозировок этилена приводит к резкому преобладанию гидролиза над синтезом.

Теоретические предпосылки, лежащие в основе исследований последних авторов, сводятся к тому, что фермент способен проявлять синтетические функции, лишь будучи адсорбирован на поверхности макрогетерогенных структурных образований; обработка этиленом ослабляет эти адсорбционные связи, в результате чего фермент переходит в микрогетерогенный раствор и согласно представлениям, развиваемым Опариным (1937) ([12, 14]), может производить лишь гидролитическое действие.

Однако это не дает исчерпывающего объяснения явлению усиления синтетических процессов при известных концентрациях и длительности обработки этиленом растительных объектов.

Попытку привлечь на помощь предполагаемый фактор раздражения этиленом как причину изменения действия фермента в синтетическую сторону едва ли можно признать достаточно убедительной. Не есть ли это лишь попытка найти теоретическое объяснение одному неизвестному другим неизвестным. Известно, что этилен как поверхностно-активное вещество должен адсорбироваться на поверхностях коллоидных мицелл, вследствие чего находящиеся на этих поверхностях ферменты должны быть вытеснены. Следовательно, мы должны ожидать усиления гидролитических процессов. Однако наблюдается явление обратного порядка, т. е. усиление синтеза. Имеющиеся экспериментальные данные позволяют думать, что схема механизма обратимого действия ферментативного аппарата, развиваемая Опариным, может быть верна не во всех случаях, ибо, как показали работы Bergmann'a (1938), синтез и гидролиз в условиях модельных опытов может итти даже в гомогенной среде.

В вопросе о механизме действия ферментов по сей день нет достаточной согласованности. Хотя теоретически обоснованное еще в прошлом столетии (1898)

положение Вант-Гоффа об обратимом действии ферментов, в основе которого лежит закон действия масс, и получило широкое распространение, однако наибольшие трудности возникали и возникают при изучении синтетического процесса в живом организме.

При этом разнообразные факты, наблюдаемые нами в природе (накопление продуктов распада при завядании, при низких температурах, при недостатке некоторых питательных веществ в растительном организме и т. д.), не позволяют дать объяснения на основании только положений Вант-Гоффа.

Работы Опарина о направленности действия ферментов также не снимают всех затруднений, встречающихся при анализе процессов обмена веществ в растительном организме. Особенно ярко эти противоречия встают при работе с этиленом, ибо они не только не укладываются в теорию Опарина, но находятся в явном противоречии с ней. Одной из сторон деятельности всякого живого организма, связанной с его нормальной жизнедеятельностью, является тот энергетический потенциал, на уровне которого проходят жизненные процессы. Процессы синтеза и распада представляют собой единое целое всякого живого организма и совершаются при наличии выделения и поглощения энергии. Источником этой энергии являются внешние (свет, температура и пр.) и внутренние факторы (изменение окислительно-восстановительного режима живой клетки, дыхание).

Можно предположить, что синтез и гидролиз, идущие в протоплазме, происходят не потому, что в первом случае фермент адсорбирован на структурных образованиях, во втором находится в растворе, а вследствие того, что энергетический потенциал системы в первом случае будет обеспечивать преобладание синтетических процессов, во втором же наоборот. И не вызывает ли длительная обработка этиленом или обработка высокими концентрациями его в живых растительных клетках просто явления начала анестезии живого организма, которое, согласно представлениям Клод-Бернара, сопровождается всегда явлениями распада. Известно, что специфические особенности живого организма нормально кроются в способности к построению биологически важных структурных образований. В этом случае весьма показательна связь между биологическим состоянием организма и направленностью действия ферментной системы у растений при засухе (Сисакян, 1937), замораживании (Курсанов и др., 1938), при резком голодании растений калием (Щербаков, 1938). Во всех этих случаях наблюдаются резко выраженные процессы распада сложных образований внутриклеточного обмена. Растения расходуют ранее синтезированный и накопленный материал. Процессы синтеза резко замедляются; подобного же рода явления наблюдаются в растении и при обработке их наркотиками.

Влияние этилена на окислительные процессы детально прослежено в ряде работ. Еще в исследованиях Иванова, Прокошева и Габуния (1931), а также Прокошева и Бабичева (1934), было показано, что обработка этиленом повышает энергию дыхания (по выделению CO_2) плодов и овощей, повышает активность инвертазы, пероксидазы и угнетает активность каталазы.

Аналогичные результаты получены в работе Асмаева ([1]) с проростками риса и листьями табака. В данном случае при оптимальной концентрации этилена в воздухе (0.1%) повышалась энергия дыхания (не только по выделению CO_2, но и по поглощению CO_2) и активность пероксидазы при одновременном понижении активности каталазы.

Развиваемые Благовещенским ([3]) положения о том, что синтезирующее действие фермента проявляется в тех случаях, когда одновременно протекает доставляющая энергию реакция окисления, за последнее время получают новые подтверждения. Общеизвестно, что энергичное новообразование вещества в растении всегда сопровождается повышенным дыханием, и в этом смысле старая работа Doyer'a (1915) по изучению энергетического баланса у прорастающих семян пшеницы представляет безусловный интерес.

Borsook (1935) на ряде примеров доказывает с достаточной степенью убедительности, что синтетические реакции идут лишь тогда, когда они «гонятся энергией, доставляемой другой реакцией». О том же говорят работы Благовещенского и Юргенсон (1921, 1937).

В сообщении Благовещенского на конференции физиологов в марте 1938 г. была показана теснейшая зависимость синтетических процессов от энергетического баланса и подчеркнуто, что при преобладании синтетических процессов над гидролитическими необходимая энергия должна получаться из «толкающих» окислительных реакций (4).

Приступая к настоящей работе, мы рассматривали влияние этилена на ферментативную деятельность в свете вышеизложенных положений. Так как энергия дыхания, активность окислительных ферментов у растений, обработанных этиленом, заметно повышаются, то можно было предполагать, что и явления синтеза, если они зависят от освобождения энергии организмом, должны усиливаться.

Широко распространенный в Америке способ искусственного дозаривания плодов и овощей с помощью этилена был также использован в опытах Bondi и Rossi при томлении табака. Rossi (1934) отмечает особую ценность этилена в применении его для трудно созревающих табаков, главным образом для верхних ломок.

При технологической обработке табачных листьев первая фаза сушки — томление — имеет существенное значение для получения табака с надлежащими курительными достоинствами. Поступающие на томление листья табака содержат все формы углеводов. Их изменение и расход происходят уже с самого начала голодания, так как они являются основной и наиболее приемлемой для дыхания частью сухого вещества.

Известно, что расход голодающими листьями на дыхание моносахаров сопровождается пополнением последних гидролизом крахмала и дисахаров. Однако при избытке моносахаров мы нередко можем наблюдать и обратный процесс — синтез сахарозы. Таким образом, мы можем иметь два противоположно направленных и одновременно идущих процесса в системе крахмал—сахароза — моносахара.

Установлено также, что содержание тех или других групп углеводного комплекса далеко не безразлично практике, так как оно связано с качеством готового продукта (Пфютцер и Леш (Pfutzer u. Lesch, 1935). Считая, что обработка листьев табака этиленом может дать известные указания относительно характера поведения некоторых форм углеводного комплекса, что связано с технологической практикой табачного производства, мы надеемся, что настоящая работа имеет интерес и с практической стороны.

Собственные исследования

а) Методика и материал. Опыты были поставлены и проведены летом 1937 г. с листьями табака сорта Трапезунд 93, взятыми с поля учебного совхоза Краснодарского с.-х. института.

Листья табака срезались рано утром, привозились в лабораторию и ставились черешками в воду часа на 2—3 для восстановления тургора. Черешки листьев перед постановкой в воду подрезались. Опираясь на установленный еще Nord'ом (1929) факт адсорбции этилена на поверхностях энзима и последующее за этим явление усиления действия зимазы, причем это действие выразилось в заметном увеличении выделения CO_2, на 33%, по сравнению с контролем, не подвергавшимся обработке газом, мы считали возможным поставить перед собой следующие вопросы.

Стимулирует ли обработка этиленом только гидролитические процессы или в какой-то мере и при известных условиях могут ускоряться процессы синтетического порядка? Теоретические предпосылки вполне допускали подобную постановку вопроса.

Установленное положение о необходимости окислительных процессов как источника энергии для синтетических процессов в ряде случаев позволяло нам искать ответ в этом направлении и в нашей работе.

Были проведены две серии опытов. В первой серии — верхние листья табака (верхушка) инфильтровались глюкозой, причем перед инфильтрацией из листьев

вырезалась и отбрасывалась средняя жилка. Каждая половина листовой пластинки взвешивалась отдельно до инфильтрации и после нее. Разница в весе указывала на количество поступившего раствора сахара. Далее, половинки листовых пластинок доводились до первоначального веса, и после этого одна часть их выдерживалась определенное время в темной камере емкостью в 80 $л^3$, содержащей этилен в концентрации 1 : 1000; другая часть листовых половинок шла непосредственно в анализ и служила контролем (исходный состав) первым половинкам. Вторая партия таких же листьев подвергалась аналогичной предварительной обработке, после чего одна часть половинок этой партии помещалась в камеру того же объема, но содержащую нормальный воздух без этилена, и выдерживалась при той же температуре, влажности и длительности. Параллельные половинки этой партии шли непосредственно в анализ как контроль на исходный состав. Таким образом, листья, выдержанные в воздухе, служили контролем для листьев, находящихся в этилене, причем для каждой из этих двух групп листьев имелся свой контроль, характеризующий начальное содержание моно- и дисахаров, активность инвертазы, оксидаз, энергию дыхания и дыхательный коэффициент, т. е. все те показатели, которые мы приняли при аналитической обработке материала. Редуцирующая способность сахаров определялась после семиминутного гидролиза с HCl, причем семиминутный гидролиз был принят на основе наших специальных исследований, проведенных с горохом (Щербаков, 1938), активность инвертазы — в автолитической смеси и по Курсанову (1936), активность фенолоксидазы, энергия поглощения O_2 и выделения CO_2 — манометрическим методом, разработанным Смирновым (1935).

Во вторую серию опытов листья брались несколько более спелые (подверхушка) и инфильтровались раствором сахарозы.

Вся обработка до и после инфильтрации была подобна предыдущей. Отклонения заключались лишь в том, что листья для 3- и 12-часовой экспозиции инфильтровались не половинками, а целыми, после чего вырезалась средняя жилка. Температура термостатов в обоих случаях была 24—27° С.

Для краткости и удобства мы в дальнейшем изложении опыты первой серии будем называть опыты «на синтез», а второй серии — опыты «на распад».

Обогащая листья глюкозой или сахарозой, мы сдвигали существующее равновесие между моно- и дисахарами; заставляя сахарозу проявлять определенную направленность действия (Курсанов, 1936). Использование физиологически более молодых листьев (верхушка) в опытах «на синтез» и физиологически более старых (подверхушка) в опытах «на распад» позволяло иметь более резко выраженные проявления действия фермента в желаемом направлении (Смирнов, 1933).

Для создания относительной влажности в камерах первой серии опытов (на синтез) применялся насыщенный раствор KCl, позволяющий иметь 85% относительной влажности воздух, а в опытах второй серии (на распад) насыщенный раствор NaCl, дающий 75% относительной влажности воздух.

Различия во влажности воздуха, принятые нами в опытах «на синтез» и «на распад» должны были в первом случае задерживать распад сахарозы, и во втором — усиливать гидролиз ее, так как известно, что водный дефицит способствует усилению гидролитических процессов и тормозит синтетические.

В первой серии опытов «на синтез» листья табака выдерживались в камерах 1.5 часа, 3 часа и 5 часов.

Во второй серии «на распад» — 3 часа, 6 часов и 12 часов.

При длительных экспозициях (5, 6 часов через 2.5 и 3 часа) производилась один раз смена воздуха в камерах как с этиленом, так и без него, а при экспозиции 12 часов — четыре раза, через каждые 3 часа.

б) Результаты работы. Результаты наших опытов представлены в нижеприводимых таблицах.

В табл. 1 и 2 показан сырой, сухой вес и количество инфильтрированной глюкозы. Расхождения между контрольными и опытными половинками были весьма невелики по сырому весу; несколько бо́льшие отклонения наблюдались по сухому весу, что, видимо, вызывалось неравномерностью анатомической структуры половинок. Наблюдалось почти одинаковое поступление раствора глюкозы

и сахарозы, за исключением одного случая (при экспозиции 1.5 часа в листьях, предназначенных для камеры без этилена).

Таблица 1

Опыт «на синтез»

Сырой, сухой вес и количество инфильтрированной глюкозы

Схема	Сырой вес, в г (половинки листьев)		Сухой вес, в г	Количество инфильтр. раствора, в см³	Количество инфильтр. глюкозы, в мг	Количество инфильтр. глюкозы на 100 г сух. вещ., в г	Примечание
	до инфильтр.	после инфильтр.					
Без этилена							
Контр. 1.5 часа	80	104	13.7	24	864	6.306	Концентрация инфильтрированного раствора глюкозы 36.02 г в 1 л
Опыт 1.5 часа	78	99	15.4	21	756	4.915	
Этилен							
Контр. 1.5 часа	68	88	11.39	20	720	6.321	
Опыт 1.5 часа	75	103	14.71	28	1008	6.852	
Без этилена							
Контр. 3 часа	37	58	7.79	21	756	9.705	
Опыт 3 часа	39	59	8.13	20	720	8.856	
Этилен							
Контр. 3 часа	41	65	8.83	24	864	9.785	
Опыт 3 часа	43	67	8.87	24	864	9.740	
Без этилена							
Контр. 5 часов	70	107	13.36	37	1332	9.970	
Опыт 5 часов	70	110	16.61	40	1440	8.690	
Этилен							
Контр. 5 часов	70	108	14.97	38	1368	9.138	
Опыт 5 часов	70	110	16.27	40	1440	8.851	

Табл. 3 и 4 характеризуют изменения в содержании «моносахаров» и «сахарозы» в листьях табака, при выдерживании их в воздухе с этиленом и без этилена. Как видно из табл. 3, пребывание листьев в атмосфере с этиленом 1.5 и 3 часа вызывало бо́льшую потерю «моносахаров», чем в воздушной камере. Одновременно наблюдалось значительно большее нарастание «сахарозы». Несколько непонятна картина взаимосвязи «моносахаров» и «сахарозы» при экспозиции в 5 часов. Несмотря на большие потери «моносахаров» у листьев, находящихся в камере без этилена, по сравнению с листьями, обработанными этиленом, все-таки в последнем случае образовалось «сахарозы» больше.

Чрезвычайно малое количество «сахарозы» в контрольной половинке для этилена (430 мг) и резкое расхождение в содержании «сахарозы» с аналогичной контрольной половинкой листа для воздушной камеры заставляют искать разрешение недоумения в аналитических погрешностях, вызвавших потери «сахарозы» в контрольных половинках для этилена.

Тем не менее из этой таблицы мы имеем право сделать вывод, что под влиянием обработки этиленом табачных листьев значительно усиливается в течение первых часов образование сахарозы и расход моносахаров.

В табл. 4 приведены опыты «на распад». В данном случае, когда мы инфильтрировали в листья табака сахарозу, обработка этиленом этих листьев с первого

Таблица 2

Опыт «на распад». Сырой, сухой вес и количество инфильтрированной сахарозы

Схема	Сухой вес, в г				Сухой вес полов., в г	Количество инфильтр. раствора, в г		Количество инфильтр. сахарозы, в г		Сахарозы на 100 г сух. вещ., в г	Примечание
	до инфил.		после инфил.								
	цел. лист	полов.	цел. лист	полов.		цел. лист	полов.	цел. лист	полов.		
Без этилена											
Контр. 3 часа	270	108	346	139	22.52	76.0	31.0	2.58	1.03	4.59	
Опыт 3 часа	—	108	—	139	22.59	—	31.0	—	1.03	4.58	
Этилен											Концентрация инфильтр. раствора сахарозы 34 г в 1 л
Контр. 3 часа	270	108	333	133.2	22.51	63.0	25.2	2.142	0.857	3.82	
Опыт 3 часа	—	108	—	133.2	21.39	—	25.2	—	0.857	4.02	
Без этилена											
Контр. 6 часов	—	100	—	144	20.7	—	44	—	4.48	21.68	
Опыт 6 часов	—	100	—	144	20.6	—	44	—	4.48	21.79	
Этилен											
Контр. 6 часов	—	75	—	103	14.86	—	28	—	2.86	19.22	
Опыт 6 часов	—	75	—	103	15.84	—	28	—	2.86	18.0	
Без этилена											Концентрация инфильтр. раствора сахарозы 102 г в 1 л
Контр. 12 часов	250	100	319	127.6	20.26	69.00	27.6	7.038	2.815	13.89	
Опыт 12 часов	—	100	—	127.6	24.79	—	27.6	—	2.815	11.36	
Этилен											
Контр. 12 часов	250	100	319	127.6	20.36	69.0	27.6	7.038	2.815	13.83	
Опыт 12 часов	—	100	—	127.6	23.53	—	27.6	—	2.815	11.96	

Таблица 3

Опыт «на синтез». Изменения в содержании редуцирующих сахаров и сахарозы (на 100 г сухого вещества в мг глюкозы)

Схема опыта	Редуцирующие сахара			«Сахароза»		
	в мг	разность в мг	в %	в мг	разность в мг	в %
Без этилена						
Контр. 1.5 часа	7411.0	— 559.0	— 7.5	975.0	+128.0	+13.1
Опыт 1.5 часа	6852.0			1103.0		
Этилен						
Контр. 1.5 часа	7447.0	—1189.0	—16.0	1492.0	+498.0	+33.1
Опыт 1.5 часа	6258			1986.0		
Без этилена						
Контр. 3 часа	10509.0	—1912.0	—18.2	1233	+439.0	+35.0
Опыт 3 часа	8597.0			1672.0		
Этилен						
Контр. 3 часа	9765.0	—2196.0	—22.5	1237.0	+601.0	+48.6
Опыт 3 часа	7569.0			1838.0		
Без этилена						
Контр. 5 часов	6071.0	—2391.0	—39.4	1256.0	+604.0	+48.1
Опыт 5 часов	3680.0			1860.0		
Этилен						
Контр. 5 часов	5097.0	—1176.0	—23.1	430.0(?)	+747.0(?)	+17.3(?)
Опыт 5 часов	3921.0			1177.0		

Таблица 4

Опыт «на распад». Изменения в содержании редуцирующих сахаров и «сахарозы» (на 100 г сухого вещества в мг глюкозы)

Схема опыта	Редуцирующие сахара			«Сахароза»		
	в мг	разность в мг	в %	в мг	разность в мг	в %
Без этилена						
Контр. 3 часа	3042	+ 283	+ 9.0	5931	— 859	—14.2
Опыт 3 часа	3325			5072		
Этилен						
Контр. 3 часа	2986	+ 339	+11.0	5977	—1028	—17.2
Опыт 3 часа	3325			4949		
Без этилена						
Контр. 6 часов	2309	+ 888	+39.0	22121	—1902	— 8.6
Опыт 6 часов	3198			20219		
Этилен						
Контр. 6 часов	1980	+ 864	+44.0	21633	—2557	—11.9
Опыт 6 часов	2845			19076		
Без этилена						
Контр. 12 часов	2298	+1016	+44.0	15861	—4409	—27.8
Опыт 12 часов	3314			11492		
Этилен						
Контр. 12 часов	2522	+ 471	+19.0	16910	—6485	—36.8
Опыт 12 часов	2993			10535		

взгляда почти не сказалась на содержании «моносахаров» и «сахарозы». При всех принятых нами экспозициях наблюдалось лишь слабое увеличение «моносахаров» и несколько больший расход сахарозы в этиленированных рядах по сравнению с рядами, обработанными воздухом.

Чтобы уяснить общее количество потерь углеводов этих двух фракций (редуцирующая способность до гидролиза и после 7-минутного гидролиза), был произведен подсчет их общего содержания в исходных половинках и после экспозиции в камере. Прекрасно понимая, что изменения в содержании только этих двух групп не могут служить безупречной характеристикой общего баланса углеводов в изучаемых нами явлениях, тем не менее мы полагаем, что различие в потерях даже этих двух фракций представляет интерес и может служить основанием для некоторых выводов. Результаты этих пересчетов представлены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Опыт «на синтез»

Потери углеводов из суммы редуцирующих сахаров и «сахарозы» (на 100 г сухого вещества в мг глюкозы)

	Без этилена	Этилен	
	глюкоза, в мг	глюкоза, в мг	% потерь под действием этилена
1,5 часа . .	431.0	695.0	+61.2
3 часа . .	1473.0	1595	+ 8.3
5 часов . .	1787.0	429.0(?)	—76.0(?)

Таблица 6

Опыт «на распад»

Потери углеводов из суммы редуцирующих сахаров и «сахарозы» (на 100 г сухого вещества в мг глюкозы)

	Без этилена	Этилен	
	глюкоза, в мг	глюкоза, в мг	% изменений потерь под действием этилена
3 часа . .	576.0	689.0	+19.6
6 часов . .	1013.0	1692.0	+67.0
12 часов . .	3353.0	5904.0	+76.1

Эти таблицы позволяют сделать следующий вывод: как в опыте «на синтез», так и в опыте «на распад» потери углеводов этих двух фракций были большие в листьях табака в присутствии этилена. Если же вернуться к табл. 4, то значительное снижение в содержании «моносахаров» у листьев, подвергавшихся действию этилена в течение 12 часов, может получить свое объяснение. Можно предполагать, что значительная часть продуктов распада сахарозы в опыте «на распад» с этиленом при 12 часах шла на образование иных форм дисахаридов или других форм углеводов, которые не подвергались 7-минутному гидролизу и поэтому нами не могли быть учтены. Во всяком случае весьма значительные потери углеводов как в опыте «на распад», так и в опыте «на синтез» заставляют предполагать о вторичных синтетических процессах, происходивших в листьях табака под влиянием этилена. В первую очередь это предположение распространяется на ту серию опытов, в которых изучалось влияние этилена на гидролитический процесс.

Далее, если обратиться к изменению активности инвертазы, которую мы определяли в автолитической смеси, то можно видеть, что этиленизация листьев отразилась на изменении активности инвертазы лишь в опытах «на синтез». При

всех экспозициях в листьях, находившихся в воздушной камере, активность инвертазы почти не изменялась по сравнению с контролем, в то же время обработка этиленом вызывала резкое повышение активности инвертазы.

В опытах «на распад» изменение активности инвертазы под влиянием этилена обнаружено слабое (табл. 7).

Таблица 7

Опыт «на синтез». Активность инвертазы (на 1 г сухого вещества, в % за 9 часов)

Экспозиция	Без этилена		Этилен	
	контроль	опыт	контроль	опыт
1.5 часа . .	51.9	43.7	53.3	62.5
3 часа . . .	47.5	47.1	46.1	64.7
5 часов . .	23.3	29.8	28.8	65.7

Таблица 8

Опыт «на распад». Активность инвертазы (на 1 г сухого вещества, в % за 12 часов)

Экспозиция	Без этилена		Этилен	
	контроль	опыт	контроль	опыт
3 часа . .	45.9	39.3	40.0	44.4
6 часов . .	35.8	31.3	48.7	52.1
12 часов . .	38.2	33.2	40.5	40.4

Кроме определений активности инвертазы в автолитической смеси, мы произвели соответствующий расчет определения направленности действия инвертазы по методу, предложенному А. Л. Курсановым (1936).

Но так как в принятых нами схемах опытов «на синтез» и «на распад» мы сознательно не стремились к полному совпадению экспозиций, то соответствующий показатель направленности действия инвертазы как для «синтеза», так и для «распада» во всех экспозициях нам не удалось вывести. Вместе с тем экспозицию в 5 часов в серии опытов «на синтез» и 6 часов «на распад» мы объединили, считая, что этим мы не допускаем существенных погрешностей. Соответствующие данные помещены в табл. 9.

Таблица 9

Направленность действия инвертазы в листьях табака (за 1 час на 1 г сухого вещества, в мг)

Экспозиция	Синтез		Распад	
	без этилена	этилен	без этилена	этилен
1.5 часа .	0.84	3.32	—	—
3 часа . . .	1.46	2.01	0.94	1.13
5—6 часов	1.21	1.50	1.48	1.44
12 часов . .	—	—	0.85	0.39

Из этих данных можно видеть, что «синтез» «сахарозы» в листьях, подвергавшихся этиленизации, шел значительно энергичнее, чем в листьях, находящихся в воздушной камере. При этом удлинении срока пребывания листьев в камере с этиленом, т. е. при более длительных экспозициях, постепенно снижается скорость синтетических процессов, оставаясь, однако, выше по всем срокам сравнительно с порциями без этилена.

Явления «распада» сначала преобладали у листьев, находившихся в камере с этиленом. В дальнейшем наличие этилена в воздухе, повидимому, тормозило «распад» «сахарозы».

Таблица 10

Влияние этилена (1 : 1000) на синтетическую и гидролитическую активность инвертазы (в процентах синтезированной и распавшейся сахарозы от количества инфильтрированного сахара)

Время экспозиции	Синтез		Изменение от этилена, в %	Гидролиз		Изменение от этилена, в %
	без этилена	этилен		без этилена	этилен	
1.5 часа . . .	2.6	7.3	+180.8	—	—	—
3 часа	5.0	6.2	+ 24	18.8	25.6	+36.2
5 часов . . .	6.95	8.4 (?)	+ 20.9 (?)	—	—	—
6 часов . . .	—	—	—	8.7	14.2	+63.2
12 часов . . .	—	—	—	38.8	54.2	+39.7

В табл. 10 представлен (по предложению А. И. Смирнова) несколько иной расчет синтетической и гидролитической способности инвертазы, чем это рекомендует Курсанов. Для этого мы использовали данные табл. 1, 2 и 3, 4. Разность сахарозы в мг между контрольным и опытным рядом по каждой экспозиции в опытах с этиленом и без этилена выражена в процентах к количеству инфильтрированного в листья сахара в опытный ряд. При этом расчете мы получаем более резкие показатели деятельности инвертазы как в отношении синтеза, так и в отношении гидролиза. Установив, что при условии снабжения листьев табака глюкозой этилен, с одной стороны, вызывает более сильный синтез сахарозы, чем обработка аналогичных листьев в отсутствии этилена, — с другой, что распад сахарозы под влиянием того же фактора повышается, мы пришли к необходимости сопоставить эти явления с окислительными процессами, одновременно идущими в этих же листьях. Связь между окислительными процессами и явлениями синтеза отмечается последнее время целым рядом исследователей. В этом отношении чрезвычайно интересные представления развивает Mothes (1933) в связи с белковым обменом в живых клетках. Mothes считает, что усиление протеолиза объясняется понижением окислительного потенциала в клетках, которое ведет к образованию специфического активатора протеолитического фермента — цистеина. При повышении окислительного потенциала следует окисление сульфгидрильных групп и наблюдается замедленный протеолиз. Подобная точка зрения в настоящее время встречает поддержку и со стороны других исследователей. И не исключена возможность, что обратимость действия ферментов тесно связана и даже зависит от уровня окислительного потенциала в живой клетке. Известно, что большинство синтетических процессов идет с поглощением энергии. При этом возможно, что окислительные процессы, происходящие в растительном организме, и в частности в клетке, являются тем источником энергии, которая необходима для ферментных синтезов.

В опытах Рубина и Арциховской (1937) обнаружено, что достаточно заменить в межклетниках листьев капусты и свеклы воздух на кислород, как наблюдается резкое усиление синтезирующего действия инвертазы. Понижение парциального давления кислорода влечет за собой замедление синтеза. Широкие опыты авторов позволили им рассматривать аскорбиновую кислоту как один из факторов, регулирующих направленность действия инвертазы в живой растительной клетке. При этом по их данным дегидроформа аскорбиновой кислоты активирует синтез, а восстановленная форма является активатором гидролиза.

В последних работах Itoh (1937) и Guthrie (1937) также подчеркивается теснейшая связь и зависимость синтеза сахаров и сложных эфиров от окислительных процессов. Явления гидролиза, как отмечено и в этих работах, зависят также от реакции восстановления.

О том, что кислород сам по себе способствует синтезу жира липазой, т. е. повышает ее синтетическую деятельность, констатировано в самое последнее время Мартисон и Фетисенко (1938).

Собственные исследования показали нам, что в листьях табака, подвергавшихся обработке этиленом (опыты «на синтез»), наблюдается повышение активности фенолоксидаз по сравнению с контролем; в листьях же, находящихся в воздушной камере при той же экспозиции, активность фенолоксидаз была ниже. В опытах «на гидролиз» наблюдалась та же картина. В последнем случае мы, повидимому, встречаемся с такого рода явлениями, когда повышение окислительных процессов связано с образованием иного дисахарида, чем сахароза, или вообще иного сахара из продуктов гидролиза сахарозы.

Во всяком случае мы имеем, с одной стороны, в листьях, подвергавшихся этиленизации в опыте «на гидролиз», значительно большую убыль углеводов, нами изучаемых (моносахара и сахароза), чем при тех же условиях у листьев, находящихся в воздушной камере, а с другой, — значительно повышенный уровень активности оксидаз в листьях, подвергавшихся обработке этиленом в этой же серии опытов. Сопоставление активности оксидаз и потерь углеводов дает нам право предполагать о возможности вторичного синтеза некоторых форм, иных, чем сахароза. Объяснить это явление повышенным расходом углеводов на дыхание едва ли возможно (табл. 11 и 12).

Таблица 11

Опыт «на синтез». Активность оксидаз (1 мл O_2 в 1 час на 1 г сухого вещества)

Экспозиция	Без этилена			Этилен		
	O_2	разность	%	O_2	разность	%
Контр. 1.5 часа	6.25	—0.27	100	5.79	+0.38	100
Опыт 1.5 часа	5.97		95.5	6.17		106.6
Контр. 3 часа	3.93	—0.99	100	3.76	+0.89	100
Опыт 3 часа	2.94		74.8	4.65		123.7
Контр. 5 часов	4.81	—0.06	100	4.32	+0.88	100
Опыт 5 часов	4.75		98.8	5.20		120.4

Таблица 12

Опыт «на распад». Активность оксидаз (поглощение O_2 за 1 час 1 г сухого вещества)

Экспозиция	Без этилена			Этилен		
	O_2	разность	%	O_2	разность	%
Контр. 3 часа	2.75	+0.26	100	2.86	+4.69	100
Опыт 3 часа	3.01		109	7.55		264
Контр. 6 часов	3.96	—0.02	100	3.61	+1.91	100
Опыт 6 часов	3.94		99.5	5.52		153
Контр. 12 часов	3.46	—0.35	100	2.80	+0.81	100
Опыт 12 часов	3.09		89.3	3.61		129

Однако, если обратиться к данным табл. 13 и 14 по поглощению кислорода и выделению CO_2, то следует признать, что достаточно четкой картины в серии опытов «на синтез» мы не находим. Наблюдается незначительное увеличение в поглощении кислорода в листьях, подвергавшихся этиленизации, и почти никакого различия в выделении углекислоты. В опытах «на распад» при всех экспозициях листья, подвергавшиеся этиленизации, обнаружили значительно большее поглощение кислорода и выделение CO_2 по сравнению с листьями, находившимися в воздушной камере. Соответствующие данные помещены в табл. 13 и 14.

Таблица 13

Опыт «на синтез». Дыхание (в 1 час на 1 г сухого вещества)

Схема	мл O_2	Разность	%	мл CO_2	Разность	%
Без этилена						
Контр. 1.5 часа	2.2186	+0.89	100	1.9998	+0.98	100
Опыт 1.5 часа	3.1137		140.4	2.9828		149.2
Этилен						
Контр. 1.5 часа	2.1317	+1.19	100	1.8006	+0.93	100
Опыт 1.5 часа	3.3254		156.0	2.7369		152.4
Без этилена						
Контр. 3 часа	1.7370	+0.13	100	1.6399	+0.12	100
Опыт 3 часа	1.8566		106.9	1.7620		107.4
Этилен						
Контр. 3 часа	1.7671	+0.21	100	1.6436	+0.14	100
Опыт 3 часа	1.9693		111.5	1.7839		108.6
Без этилена						
Контр. 5 часов	1.3833	+0.16	100	1.3818	+0.27	100
Опыт 5 часов	1.5432		111.6	1.6490		119.4
Этилен						
Контр. 5 часов	1.5798	+0.24	100	1.5147	+0.27	100
Опыт 5 часов	1.8054		114.3	1.7818		117.6

Таблица 14

Опыт «на распад». Дыхание (1 г сухого вещества в 1 час в $см^3$)

Схема	мл O_2	%	Разность	мл CO_2	%	Разность
Без этилена						
Контр. 3 часа	1.88	100	+0.01	1.77	100	+0.02
Опыт 3 часа	1.89	100.5		1.79	101.1	
Этилен						
Контр. 3 часа	1.97	100	+0.48	1.97	100	+0.07
Опыт 3 часа	2.44	124.4		2.04	103.9	
Без этилена						
Контр. 6 часов	1.76	100	+0.32	1.51	100	+0.15
Опыт 6 часов	2.08	118.2		1.66	109.9	
Этилен						
онтр. 6 часов	1.42	100	+0.79	1.39	100	+0.43
Опыт 6 часов	2.21	155.6		1.82	131	
Без этилена						
Контр. 12 часов	1.76	100	—0.07	1.66	100	—0.09
Опыт 12 часов	1.69	96.0		1.57	94.6	
Этилен						
Контр. 12 часов	1.69	100	+0.08	1.63	100	+0.06
Опыт 12 часов	1.77	104.2		1.69	103.7	

Следует признать, что полученные нами данные по активности оксидаз и дыханию в известной мере совпадают с литературными указаниями и подкрепляют выдвинутые нами в начале работы предположения о наличии и связи между окислительными процессами в растительном организме и процессом фер-

ментативного синтеза сахарозы. Во всех случаях повышенная активность фенолоксидаз сопровождалась явлением синтеза. Остается, однако, нерешенным вопрос о зависимости и связи воздействия этилена на явление адсорбции ферментов коллоидными носителями клетки, а также остается неясным, является ли этилен фактором, способным смещать фермент с коллоидного носителя, или обработка этиленом живых листьев влияет на окислительные процессы растительной клетки и тем самым меняет направленность действия ферментов.

Возможность иного толкования обратимости ферментного действия, не прибегая к теории адсорбции и элюции, развиваемой Опариным, настоящим исследованием еще более укрепляется. Хотя мы и далеки от того, чтобы целиком отрицать существующее положение, тем не менее надо думать, что теория адсорбции и элюции еще не вскрывает и не объясняет всей сущности и сложности механизма ферментативной деятельности в живой клетке, оставляя в неизвестности ряд таких сторон, изучение которых может внести коренные поправки в эту теорию.

Выводы

1. При помощи метода инфильтрации листья табака, в одном случае обогащенные глюкозой и в другом сахарозой, выдерживались в этилене (1 : 1000) при различных экспозициях.

2. Этилен вызывал повышенный синтез сахарозы и значительно большие потери моносахаров по сравнению с контролем в листьях обогащенных глюкозой.

В листьях, обогащенных сахарозой, наблюдался несколько больший гидролиз сахарозы под влиянием этилена.

3. Общая потеря моносахаров и сахарозы в листьях табака наблюдалась бо́льшая при выдерживании листьев в этилене, чем в воздушной камере.

4. Синтезирующее и гидролизующее действие инвертазы под влиянием этилена возрастало.

5. Этилен резко повышал активность фенолоксидаз в листьях, обогащенных как глюкозой, так и сахарозой.

6. Дыхание заметно повышалось в листьях табака под влиянием этилена при обогащении их сахарозой или глюкозой.

7. Синтез сахарозы под влиянием этилена происходил с одновременным повышением окислительных процессов, причем с повышением последних повышалась активность ферментного синтеза. Необходимые для синтеза сахарозы энергетические «толчки», повидимому, получались в результате окислительных процессов.

8. Результаты исследования позволяют предполагать, что в листьях, обогащенных сахарозой, под влиянием этилена происходит вторичный синтез неизвестного нам сахара из продуктов гидролиза сахарозы.

Считаю необходимым выразить проф. А. И. Смирнову благодарность за предложенную тему и ценные советы, сделанные мне во время работы. В аналитической обработке опытов принимала участие младший научный работник Института биохимии Академии Наук СССР К. В. Пшеннова, которую благодарю за помощь и сотрудничество. Приношу также сердечную благодарность доценту кафедры сырьевой обработки табака Краснодарского с.-х. института П. Г. Асмаеву за внимание и помощь, оказанную мне при выполнении этой работы.

Институт биохимии.
Академия Наук СССР.

Поступило
14. IV. 1939.

ЛИТЕРАТУРА

1 Асмаев П. Г., Труды Краснодарск. сел.-хоз. ин-та, вып. 6, 1937.
2 Благовещенский А. В., Туркм. медиц. журнал, том I, № 6, 447, 1921.
3 Благовещенский А. В., Сборн. Современные достижения и задачи физиологии растений, 1937.
4 Благовещенский А. В., Сборник Синтез органич. вещества и витамины (в печати).
5 Благовещенский А. В. и М. П. Юргенсон, Бюллетень Эксперим. биологии и медицины, том III, 249, 1937.

6 Иванов Н. Н., С. М. Прокошев и Габуния, Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции, том 25, вып. 1, 1931.
7 Крайнев С. И., Труды Краснодарск. сел.-хоз. ин-та, вып. 6, 1937.
8 Курсанов А. Л., Биохимия, том I, № 3, 1936.
9 Курсанов А. Л., Биохимия, том II, вып. 5, 1937.
10 Курсанов А. Л., Н. Н. Крюкова и А. С. Морозов, Изв. АН СССР, сер. биол., 1938.
11 Мартисон Э. Э. и И. В. Фетисенко, Биохимия, т. 3, вып. 6, 1938.
12 Опарин А. И. Биохимия, том II, стр. 135, 1937.
13 Опарин А. И., Известия АН СССР, № 6, 1937.
14 Опарин А. И., Enzymologia, v. IV, 1937.
15 Прокошев С. М. и И. А. Бабичев, Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции, сер. 3, № 5, 1934.
16 Рубин Б. А. и Арциховская Е. В., Биохимия, том II, вып. 6, 1937.
17 Сисакян Н. М., Известия Академии Наук, серия биологич., 1937.
18 Смирнов А. И., Физиолого-биохимич. основы переработки табачн. сырья, 1933.
19 Смирнов А. И. и М. Г. Мороз-Морозенко, Сборн. работ отдела сырьев. обр. табака, вып. 2, 118, 1935.
20 Щербаков А. П., Извест. АН СССР, серия биол., № 2, 1938.
21 Bergmann M. a. Frankel-Conrad H., Journal Biol. Chem., V, 119, № 2, 1938.
22 Borsook H., Ergebnisse d. Enzymforschung, B. IV, 1—47, 1935.
23 Doyer L. C., Med. Akad. Wet. Amsterdam, 17, 62, 1914; Rec. traw. bot neerl., 12, 372, 1915 (цитировано по С. П. Костычеву, Физиология растений, 3-е изд., том I, 467, 1937).
24 Guthrie, Contrib. Boyce Thoms Inst., v. 9, № 1, 1937.
25 Itoh I. R., Journal of Bioch., v. 23, № 2, 1936; ibidem v. 25, I, 1937.
26 Itoh I. R. a. T. Nakamura, Journal of Bioch., v. 26, 2, 1937.
27 Mothes K. Berich. Bot. Gesellschaft, 51, 31, 1933.
28 Nord H. Phenomena (Baltimora, 1929) (цитировано по Б. С. Холден-Энзимы, стр. 214, перевод с немец., 1934).
29 Pfützer u. Lesch, Die Umschau, 39, H. 11, 1935.
30 Rossi U., Tobacco, Roma, № 446, 1934.

A. P. SCERBAKOV. THE INFLUENCE OF ETHYLENE ON THE DIRECTION OF INVERTASE ACTIVITY IN TOBACCO LEAVES

SUMMARY

1) The infiltration method was used to keep tobacco leaves, enriched with glucose in one case and with saccharose in the other, in ethylen (1 : 1000) over different times of exposition.

2) In tests when leaver were enriched with glucose the ethylene produced a more intensive synthesis of saccharose and much greater losses of monosaccharides in comparison with the control samples. In leaves enriched with saccharose a somewhat stronger hydrolysis of saccharose was observed, this being due to the influence of ethylene.

3) A greater total loss of monosaccharids and saccharose was observed in tobacco leaves when kept in ethylene than when kept in the air chamber.

4) Under the influence of ethylene the synthesizing and hydrolyzing effect of the invertase was markedly enhanced.

5) Ethylene markedly increased the activity of phenoloxydase in leaves enriched with both saccharose and glucose.

6) Breathing became much more energetic in tobacco leaves under the influence of ethylene, when these were enriched with saccharose and glucose.

7) Under the influence of ethylene the synthesis of saccharose was accompanied by a greater activity of oxidizing processes; the greater the activity of the latter, the more active was the fermentative synthesis. The energetic «impulses» necessary for the saccharose synthesis seem to have been a result of oxidizing processes.

8) The results of our research work permit to assume that under the influence of ethylene in leaves enriched with glucose a secondary synthesis of an unknown sugar from products of saccharose hydrolysis takes place.

My thanks are due to pfof. A. J. Smirnov for the theme suggested and for the valuable advice in preparation of the paper. I also highly appreciate the assistance of K. V. Tshonova, junior research assistant, Institute of Biochemistry, Academy of Sciences of the U.S.S.R., who participated in the analytical part of the work.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

Н. Н. КОЛЕСНИК

РОДСТВЕННОЕ РАЗВЕДЕНИЕ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ТЕЛЯТ ЯРОСЛАВСКОГО СКОТА

Для выяснения биологических особенностей инбридинга проведен генеалогический анализ ярославского крупного рогатого скота. Установлено, что при родственном разведении скота повышается размах изменчивости по живому весу телят при рождении. Наибольший процент отхода наблюдается среди телят, имеющих минимальный живой вес при рождении, численность которых, в среднем, большая среди инбридированных, чем аутбредных телят. Некоторые инбридированные производители при скрещивании с неродственными им коровами (топкросс) дают потомков с большим живым весом при рождении.

Предисловие

В практике разведения домашнего скота, как известно, довольно часто наблюдается родственное спаривание животных, которое влечет за собой повышение гомозиготности тех или иных наследственных факторов в породе или в отдельных стадах.

Согласно многочисленным опытным данным и наблюдениям практики, применение инбридинга в разных случаях дает неодинаковые результаты в отношении качества инбредных животных.

В литературе за последние годы высказано несколько различных предположений для объяснения биологической значимости инбридинга при разведении животных. По мнению Д. А. Кисловского (1937), В. Е. Альтшулера и Е. А. Борисенко (1935), А. Я. Малаховского (1938) и других авторов, гетерозиготное состояние наследственных факторов у животных вообще является более выгодным для развития особи, чем гомозиготное их состояние; в связи с этим всякое понижение гетерозиготности, с точки зрения указанных авторов, неизбежно должно привести к понижению жизнеспособности инбредных животных. Однако, в виду того, что при разведении по линиям применение умеренного инбридинга оказывается почти всегда успешным, т. е. дает положительные результаты, то, по мнению указанных выше авторов, следует различать тесный инбридинг от умеренного, биологическое действие которых якобы принципиально различно.

С точки зрения других авторов [К. М. Лютиков, 1932, 1934, 1936; С. Кронахер, 1925; Д. Леш (J. Lush, 1937), А. О. Малафиевский, 1935 и ряд других] положительные и отрицательные результаты инбридинга определяются не самой системой спаривания, а качеством наследственных особенностей спариваемых животных. Появление нежизнеспособных уродливых телят в результате родственного разведения объясняется переходом отдельных рецессивных и летальных генов в гомозиготное состояние. Отсюда делается вывод, что если в генотипе данных спариваемых животных не имеется такого рода наследственных задатков, то применение родственного разведения не может привести к отрицательным результатам, независимо от степени общей гомозиготности генотипа у получаемых инбредных животных.

Чтобы решить, какое из высказанных предположений является правильным, мы провели ряд генеалогических исследований по крупному рогатому скоту. Для этой цели были собраны материалы по применению родственного разведения в скотоводстве ряда совхозов и племхозов СССР, обработанная часть которых, в порядке предварительного сообщения, излагается в настоящей работе.

Характеристика исследованного материала

Основным материалом настоящего исследования являются данные племенных записей по крупному рогатому скоту племхоза «Красный Октябрь», Ярославской области. Кроме того, частично использованы также данные по ярославскому скоту племхоза «Успенская ферма» и колхоза «Красный коллективист» и по красному немецкому скоту племхоза «Аккермень».

В племхозе «Красный Октябрь», организованном из бывшего частновладельческого имения Титова, племенная работа со скотом началась в 1913 г. Комплектование стада происходило за счет покупки скота у окружающего населения, главным образом в с. Вятском, Большесольского района, Ярославской области. С момента организации хозяйства, ремонт стада происходил преимущественно за счет своего собственного молодняка, что влекло за собой значительное количество родственных спариваний, которые происходили большей частью бессистемно.

Основными производителями с начала организации стада были Грозный и Лютик, а с 1926 г., кроме этих быков и их потомков, работал также приведенный со стороны и неродственный стаду бык Звонкий. Другие производители, неродственные стаду, были приобретены позже, именно в 1933 г. (бык Добрик) и в 1935 г. (бык Нептун II).

Родственные связи быков-производителей племхоза «Красный Октябрь» приведены в нижеследующей родословной, где указаны потомки отдельных животных по отцовской линии (—→, сыновья) и по женской (—→, внуки).

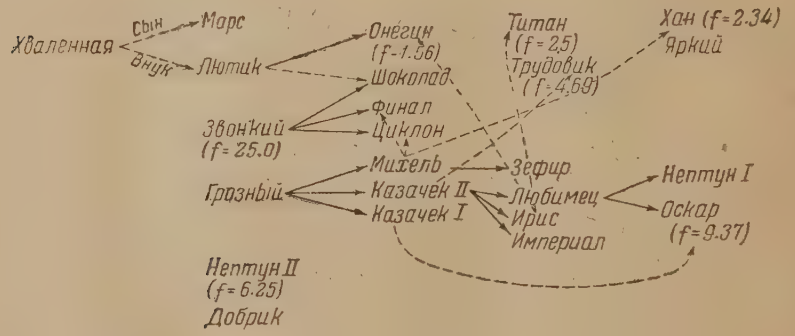


Таблица 1

Число телят от разных быков-производителей по годам

Производители	1926 1927	1928 1929	1930 1931	1932 1933	1934 1935	1936 1938
Нептун I	35					
Лютик	7					
Онегин	14	13				
Оскар	21	38				
Звонкий	27	58	23	23	1	
Титан	—	26	65	24	3	
Трудовик	—	20	75	37	11	
Финал	—	—	10	53	10	
Хан	—	—	—	28	11	
Циклон	—	—	—	10	60	77
Добрик	—	—	—	5	91	36
Шоколад	—	—	—	—	44	96
Нептун II	—	—	—	—	16	70
Яркий	—	—	—	—	—	44

От перечисленных выше быков за период с 1926 по 1938 г. получено 1274 теленка, среди которых 806 голов (65.2%) было инбридированных и 468 голов (34.8%) неинбридированных. Все эти быки имели разное значение в репродукции стада; наибольшее количество потомков получено от 14 производителей (табл. 1).

Отход телят в возрасте от рождения до 2 месяцев за разные годы был неодинаков; среди инбридированной группы он колебался от 8.5% (1938) до 43.7% (1933), в среднем за все годы он составлял 25%. Среди неинбридированной группы отход телят (того же возраста) колебался от 3.8 (1934) до 56.3 (1930), а в среднем — 21.2%.

Условия кормления и ухода за скотом за разные годы в племхозе «Красный Октябрь» также были неодинаковы. Наихудшее кормление было в 1933 г. и частично в 1930, 1931, 1932 гг. В эти же годы наблюдается наибольшее количество рождений инбридированных телят (от 74 до 87% за каждый год) и наибольший процент отхода (среди инбридированных телят от 25.0 до 56.0% за разные годы). Повышенный процент отхода за эти годы, очевидно, связан с неудовлетворительными хозяйственными условиями, так как отход инбридированных телят за отдельные годы не всегда превышал отход неинбридированных телят. Так, например, в 1927, 1928, 1930, 1932, 1936 и 1938 гг. отход среди инбридированных животных был значительно меньшим, чем среди неинбридированных, а в 1926, 1933 1934, 1935 и в 1937 гг. — наоборот.

Таблица 2

Численность телят (в процентах) от коров разных возрастов

Годы и пол телят	f = 0.0				f = 0.1—3.0				f = 3.1—30			
	n	Отелы коров			n	Отелы коров			n	Отелы коров		
		1	2	3 и >		1	2	3 и >		1	2	3 и >
1926—1933												
Телки . . .	49	8.1	24.4	67.5	60	20.0	26.2	53.2	121	12.4	26.4	61.2
Бычки . .	61	13.1	26.2	60.7	82	23.2	13.4	63.4	132	25.7	15.9	58.4
1934—1938												
Телки . . .	128	11.8	16.5	71.7	51	7.9	27.3	64.8	83	14.5	13.2	72.3
Бычки . .	133	10.6	18.0	71.4	65	15.5	9.2	75.3	111	24.3	13.5	62.2

Наряду с наследственными особенностями и хозяйственными условиями развития, живой вес и жизнеспособность телят в известной мере определяются также возрастом их матерей, в связи с этим были подсчитаны соответствующие данные (табл. 2), которые показывают, что инбридированные телята чаще, чем неинбридированные (в данном случае), являются потомками первотелок и второтелок.

Независимо от типа спариваний, как при родственном, так и при неродственном разведении отход телят от первотелок в среднем, как известно, более высокий, чем от коров старших возрастов.

Учитывая все эти обстоятельства, нетрудно видеть, что инбридированные телята в племхозе «Красный Октябрь» большей частью развивались в несколько худших внешних условиях, чем неинбридированные.

Изменчивость живого веса телят при рождении в связи с родственным разведением

В связи с тем, что хозяйственные условия содержания животных в племхозе «Красный Октябрь» до 1934 г. и после были неодинаковы, анализ данных по живому весу телят при рождении мы провели по двум периодам отдельно — с 1926 по 1933 г. и с 1934 по 1938 г. Кроме того, чтобы исключить влияние возраста

матерей при сравнении животных, мы включили в обработку только тех телят, которые родились от коров двух отелов и старше.

Таблица 3

Живой вес телят при рождении в связи с инбридингом

Группы телят по периодам годов и коэффициенты инбридинга телят	Телки		Бычки	
	n	$M \pm m$	n	$M \pm m$
1926—1933				
$f = 0.0$	39	27.47 ± 0.34	48	28.97 ± 0.43
$f = 0.1—6.0$	70	26.97 ± 0.37	53	28.51 ± 0.50
$f = 6.1—30$	42	26.50 ± 0.51	24	28.67 ± 0.83
1934—1938				
$f = 0.0$	109	27.15 ± 0.32	117	28.54 ± 0.32
$f = 0.1—6.0$	71	27.17 ± 0.48	79	28.18 ± 0.43
$f = 6.1—30$	47	27.04 ± 0.51	49	29.78 ± 0.56

Таблица 4

Изменчивость живого веса телят при рождении в связи с инбридингом

Группы телят и коэффициенты их инбридинга	Телки			Бычки		
		$\sigma \pm m$	$C \pm m$	n	$\sigma \pm m$	$C \pm m$
1926—1933						
$f = 0.0$	39	2.17 ± 0.24	8.0 ± 0.90	48	3.0 ± 0.30	10.35 ± 1.06
$f = 0.1—6.0$	70	3.17 ± 0.27	11.7 ± 0.99	53	3.63 ± 0.35	12.73 ± 1.23
$f = 6.1—30$	42	3.36 ± 0.36	12.7 ± 1.38	24	4.01 ± 0.57	14.00 ± 2.02
1934—1938						
$f = 0.0$	109	3.32 ± 0.22	12.2 ± 0.82	117	3.53 ± 0.23	12.36 ± 0.80
$f = 0.1—6.0$	71	4.07 ± 0.36	15.0 ± 1.26	79	3.87 ± 0.31	13.70 ± 1.08
$f = 6.1—30$	47	3.55 ± 0.36	13.1 ± 1.35	49	3.94 ± 0.40	13.2 ± 1.33

Таблица 5

Изменчивость живого веса телят при рождении в связи с инбридингом в племхозах «Успенская ферма» и «Аккермень»

Породы телят и коэффициенты их инбридинга	Телки			Бычки		
	n	$\sigma \pm m$	$C \pm m$	n	$\sigma \pm m$	$C \pm m$
Ярославская порода «Успенская ферма»						
$f = 0.0$	93	3.19 ± 0.23	11.4 ± 0.83	97	3.07 ± 0.22	10.3 ± 0.73
$f = 0.1—6.0$	56	4.27 ± 0.40	15.2 ± 1.43	58	4.69 ± 0.43	16.3 ± 1.51
$f = 6.0—30$	52	3.97 ± 0.39	14.7 ± 1.44	57	4.55 ± 0.42	15.98 ± 1.59
Красная немецкая порода «Аккермень»						
$f = 0.0$	96	4.4 ± 0.32	13.1 ± 0.95	107	4.59 ± 0.31	12.7 ± 0.87
$f = 0.01—6.0$	25	5.78 ± 0.82	17.7 ± 2.50	25	4.63 ± 0.65	12.5 ± 1.76
$f = 6.0—30$	29	5.38 ± 0.70	15.1 ± 2.0	24	6.32 ± 0.91	16.2 ± 2.49

Таблица 6

Достоверность разностей показателей изменчивости живого веса инбридированных телят по сравнению с неинбридированными (f = 0.0)

Хозяйства и группы телят по степени инбридинга	Телки				Бычки			
	σ		C		σ		C	
	t_d	Вероятная достоверн. разности	t_d	Вероятная достоверн. разности	t_d	Вероятная достоверн. разности	t_d	Вероятная достоверн. разности
«Красный Октябрь»								
1926—1933								
f = 0.1—6.0	2.77	0.9944	2.76	0.9942	1.37	0.8293	1.41	0 8415
f = 6.0—30	2.77	0.9944	2.86	0.9957	1.53	0.8740	1.60	0.8904
1934—1938								
f = 0.1—6.0	1.78	0.9249	1.86	0.9371	0.88	0.6210	0.94	0.6528
f = 6.0—30	0.55	0.4177	0.59	0.4448	0.93	0.6476	0.54	0.4108
«Успенская ферма»								
f = 0.1—6.0	2.35	0.9812	2.30	0.9785	3.37	0.9992	3.56	0.9996
f = 6.0—30	1.73	0.9164	2.00	0.9545	3.16	0.9984	3.24	0.9988
«Аккермень»								
f = 0.1—6.0	1.57	0.8836	1.72	0.9146	0.06	0.0478	0.0	—
f = 6.0—30	1.27	0.7959	0.90	0.6319	1.80	0.9281	1.33	0.8165

Согласно имеющимся данным, телята, родившиеся до 1934 г. и после этого времени, имели примерно одинаковый живой вес при рождении; за первый период телки (n = 151) весили 26.94 ± 0.24 кг, а бычки (n = 125) — 28.56 ± 0.31 кг, за второй период телки (n = 227) весили 27.1 ± 0.24 кг, а бычки (n = 245) — 28.62 ± 0.22 кг. Также несущественны различия, наблюдаемые между инбридированными и неинбридированными телятами по живому весу в среднем за разные годы (табл. 3).

Значительно большие различия между сравниваемыми группами (инбридированных и неинбридированных) телят в отношении живого веса их при рождении наблюдаются по размаху индивидуальной изменчивости (табл. 4).

Как показывают данные табл. 4, квадратические отклонения (σ) и коэффициенты изменчивости (c) живого веса инбридированных телят во всех случаях имеют большие показатели, чем у неинбридированных телят. То же самое наблюдается в ряде других стад крупного рогатого скота, где в той или иной степени применялся инбридинг. В подтверждение сказанного приводим соответствующие данные по ярославскому скоту племхоза «Успенская ферма» и по красному немецкому скоту племхоза «Аккермень» (табл. 5).

Согласно показаниям критериев достоверности разности (t_d), которые определяются по формуле: $t_d = \frac{d}{m_d}$, где d — разность между сравниваемыми средними величинами, а m_d — ошибка выборочной разности, определяемая по формуле $m_d = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$, степень разности по размаху изменчивости между сравниваемыми группами (табл. 6) достаточна высока.

Однако в отдельных случаях инбридированные телята хотя и характеризуются более высокими показателями σ и c, чем аутбредная группа телят, все же различие между ними статистически мало достоверно. Один из таких случаев наблюдается в группе телят племхоза «Красный Октябрь» за период с 1934 по 1938 г., где аутбредная подгруппа (f = 0.0) характеризуется сравнительно высокими показателями σ и c, средние величины которых статистически почти не отли-

чаются от таковых тесно инбридированных (f = 6.0—30) телят. Анализируя родословные этой группы телят, оказывается, что аутбредные телята, в основном, являются потомками только двух производителей — Добрика и Нептуна II. Эти производители различаются между собой по качеству своих потомков; телята от Добрика характеризуются, в среднем, большим живым весом при рождении, а от Нептуна II (табл. 7) — малым весом. Объединив приплод этих двух производителей в одну группу, мы тем самым искусственно расширили амплитуду изменчивости общего ряда, вследствие чего повысились показатели σ и *c*.

Таблица 7

Живой вес телят при рождении от разных производителей

Производители	Телки		Бычки		% инбридирован. телят к общему количеству приплода
	n		*n*	*M*	
1926—1933					
Трудовик	27	28.8	15	29.3	95.0
Титан	14	27.5	22	28.5	84.6
Звонкий	36	27.5	38	28.5	2.8
Оскар	30	25.6	22	29.0	90.3
Финал	7	26.0	10	25.2	65.0
1934—1938					
Циклон	58	27.4	64	28.4	31.7
Добрик	62	27.3	70	28.8	0.0
Шоколад	63	26.6	70	27.7	97.0
Яркий	26	26.6	17	27.7	32.5
Нептун II	41	26.6	40	27.5	0.0

Кроме того, повышение размаха изменчивости аутбредной популяции определяется также происходящими в ней топкроссами, т. е. скрещиванием инбридированных самцов с неродственными им самками. Результаты топкросса могут быть разными. Так, например, потомки быка Нептун II, имеющего коэффициент инбридинга 6.25%, отличаются, как было отмечено, сравнительно малым живым весом при рождении, а потомки быка Звонкого, коэффициент инбридинга которого равен 25%, — крупным живым весом при рождении (табл. 7). В некоторых случаях эффективность топкросса прямо изумительна; так, например, в племхозе «Аккермень» инбридированные быки красной немецкой породы — Зенон (f = = 25.0%) и Манго (f = 37.5%) при неродственном спаривании дали потомков со следующим живым весом при рождении: телок ($n = 33$) — 39.09 ± 0.71 кг и бычков ($n = 23$) — 40.13 ± 0.9 кг. При родственном спаривании эти же быки дали телок ($n = 7$) с живым весом 37.0 кг, а бычков ($n = 6$) с живым весом 40.9 кг, в то время как телята аутбредной группы других скрещиваний имели значительно меньший живой вес, а именно: телки ($n = 96$) — 33.41 ± 0.45 кг, а бычки ($n = 107$) — 36.20 ± 0.44 кг.

Если учитывать все эти обстоятельства при изучении изменчивости аутбредных телят, то различие между ними и инбридированными в отношении показателей σ и *c* будут еще более значительными.

В связи с повышением размаха изменчивости в результате родственного разведения, среди инбридированных телят наблюдается относительно увеличенное количество животных в нисходящей и восходящей частях вариационного ряда, которые характеризуются, с одной стороны, малым, а с другой, — крупным живым весом при рождении. Если популяцию телят каждого из перечисленных выше хозяйств разбить на три группы: со средним живым весом ($M \pm 1\sigma$), с малым ($< M - 1\sigma$) и с крупным весом ($> M + 1\sigma$), то численное распределение телят по этим группам среди инбридированных и аутбредных телят будет разным.

Как показывают данные табл. 8, среди инбридированных телят, по сравнению с аутбредными, наблюдается некоторое увеличение количества

животных — в одних случаях с малым весом, а в других — с крупным. Как будет видно из дальнейшего анализа, это обстоятельство, главным образом, определяется наследственными особенностями разных производителей.

Интересно отметить, что при последовательном родственном спаривании животных в течение двух-трех генераций соотношение численности особей с малым и крупным живым весом при рождении, среди инбридированных телят разных поколений, в среднем неодинаково. Произведенные нами расчеты в этом отношении по группе инбридированных телят племхоза «Красный Октябрь» показывают (табл. 9), что в первой генерации инбридинга в большинстве случаев наблюдается относительное преобладание числа животных с малым весом над числом животных с крупным весом, а в третьей и четвертой генерациях отношения обратны.

Таблица 8

Численное распределение инбридированных и аутбредных телят по группам с малым и крупным живым весом

Хозяйства и группы телят по степени инбридинга	Телки				Бычки			
	малый вес $< M - 1\sigma$		крупный вес $> M + 1\sigma$		малый вес $< M - 1\sigma$		крупный вес $> M + 1\sigma$	
	абсол.	в %	абсол.	в %	абсол.	в %	абсол.	в %
«Красный Октябрь»								
1923—1933								
$f = 0.0$	0,0	—	4	10.3	6	12.5	1	2.8
$f = 0.1—6.0$	9	12.9	8	11.4	11	24.0	4	7.5
$f = 6.1—30$	8	17.0	4	8.6	5	20.8	2	8.3
1934—1938								
$f = 0.0$	13	11.9	21	19.2	27	23.0	12	10.3
$f = 0.1—6.0$	10	15.5	13	18.3	20	25.3	7	8.8
$f = 6.1—30$	7	14.9	6	12.7	6	12.3	7	14.3
«Успенская ферма»								
$f = 0.0$	19	22.2	8	8.7	6	6.2	13	13.4
$= 0.1—6.0$	9	16.1	10	17.8	12	20.6	7	12.1
$f = 6.1—30$	14	28.0	5	9.6	10	17.6	7	12.3
«Аккермень»								
$f = 0.0$	17	17.7	6	6.2	19	17.8	10	9.3
$f = 0.1—6.0$		24.0	3	12.0	3	12.0	3	12.0
$f = 6.1—30$		20.7	6	20.7	1	4.2	5	20.8

Таблица 9

Численность телят (в процентах) с малым и большим живым весом в связи с разными поколениями инбридинга (♀ и ♂)

Поколения инбридинга	$f = 1.0—6.0$				$f = 6.1—30.0$			
	n	с малым весом	с больш. весом	всего	n	с малым весом	с больш. весом	всего
I	47	6.4	2.1	8.5	100	6.0	3.0	9.0
II	95	5.8	3.2	8.5	74	8.1	4.1	12.2
III и IV	80	6.3	13.8	20.1	31	9.7	12.9	22.6

Наблюдаемое преобладание особей с крупным живым весом в старших генерациях инбридинга легко объясняется действием отбора. Даже при бесси-

стемном инбридинге на племя, как известно, сохраняются только лучшие животные, которые, будучи инбридированными, характеризуются некоторым усилением тех или иных наследственных качеств.

Нужно сказать, что аналогичные случаи неодинакового действия инбридинга в разных поколениях были отмечены многими авторами, изучавшими родственное разведение у животных и растений. Еще Ч. Дарвин (Ch. Darwin, 1876) в свое время указывал, что инбридинг (у растений) дает наихудшие результаты в первых генерациях, затем отрицательное действие его значительно ослабляется. То же самое отмечалось Ф. Нильсоном (F. Nilson, 1933), Уотерсом и Ламбертом (N. Waters and W. Lambert, 1936) и многими другими авторами. Предпосылкой этой особенности инбридинга является повышенный размах изменчивости, который почти всегда наблюдается в первых поколениях родственного разведения, особенно в случае значительной гетерозиготности исходных форм. В специальной литературе это явление повышенной изменчивости отмечалось неоднократно. Так, например, в опытах Ф. Нильсона (1933) по инцухту кормовых трав было обнаружено, что в первых генерациях инцухта индивидуальная изменчивость признаков растений значительно большая, чем в дальнейших генерациях и в аутбредной популяции. То же самое отмечает О. Вал (O. Vall, 1931) в опытах с растениями, В. Кастл (W. E. Castle, 1916) — с дрозофилой, Е. Кинг (H. King. 1919) — с крысами, Н. Уотерс (N. Waters, 1938) — с курами и т. д.

Природа всех этих фактов легко объясняется современными генетическими данными о характере наследования разных признаков животных и растений, обусловленных определенными генами и их сочетанием. Всякая порода, в которой преобладают неродственные спаривания, как известно, представлена преимущественно гетерозиготными особями. Аутбридинг поддерживает в стадах определенный уровень гетерозиготности. При спаривании гетерозиготных, но родственных друг другу особей происходит соединение гамет, имеющих сходную или одинаковую наследственную основу. В потомстве от такого рода спариваний, вследствие расщепления, появляются особи с разной наследственной основой, в зависимости от большей или меньшей степени гетерозиготности исходных форм. По данным Ф. Нильсона (1933), эффект повышенного размаха изменчивости в первом поколении инбридинга тем больший, чем более гетерозиготны исходные особи. Совершенно понятно, что результаты инбридинга определяются не только степенью гетерозиготности исходных форм, но также природой гетерозиготности, т. е. тем, какие гены находятся в гетерозиготном и какие в гомозиготном состоянии.

В последующих родственных спариваниях, если они применяются целенаправленно в пределах определенной группы животных, с соответствующим отбором, т. е. если инбридинг ведется систематически на отдельных определенных животных, размах изменчивости с каждым поколением инбридинга, естественно, будет уменьшаться. Наглядным примером в этом отношении являются опыты Е. Кинг (1918, 1919) с крысами, где показано, что в пятнадцатой генерации инбридинга индивидуальная изменчивость крыс по живому весу уменьшилась почти на 40% по сравнению с контрольной (аутбредной) группой. Однако в практическом скотоводстве такого рода последовательный инбридинг почти никогда не осуществляется. При разведении по линиям большей частью применяется умеренный инбридинг, причем инбредные линии через некоторое время обычно скрещиваются друг с другом и в образовавшейся гетерозиготной популяции закладываются новые линии. В пределах каждой линии индивидуальная изменчивость признаков у животных может быть меньшей, чем в аутбредной популяции. Нужно сказать, однако, что разведение по линиям (в собственном смысле слова) в практике современного скотоводства пока занимает весьма ограниченное место, а родственное разведение осуществляется большей частью бессистемно. В отдельных стадах инбридинг происходит одновременно на нескольких предков (чаще всего на производителей), причем не линейно, а смешанно. Вследствие этого инбридированная популяция естественно распадается на несколько различных групп, имеющих разные наследственные основы, которые при суммарной обработке, в целом, характеризуются повышенным размахом изменчивости признаков. Отсюда инбредная популяция скота в таких хозяйствах, где родственное спари-

вание животных было бессистемным, как, например, в племхозах «Красный Октябрь», «Успенская ферма», «Аккермень» и в ряде других, характеризуется повышенным размахом изменчивости не только в первой, но и в последующих генерациях.

Жизнеспособность и уродства телят в связи с родственным разведением

Для характеристики жизнеспособности телят нами обработаны данные по отходу молодняка (в том числе абортированных и мертворожденных) в разных возрастах до 2 месяцев после рождения. При рассмотрении этих данных мы учитывали также показатели живого веса телят при рождении у разных групп. Из сопоставления данных, приведенных в табл. 10, можно видеть, что телята, оставшиеся живыми после 2-месячного возраста, в среднем имеют более крупный живой вес при рождении, чем телята, по тем или иным причинам павшие до этого возраста.

Таблица 1

Живой вес телят при рождении в связи с отходом

Группы телят	Телки		Бычки	
	n	*M*	*n*	*M*
Оставшиеся живыми после 2-месячн. возраста	353	26.9	323	28.2
Павшие в возрасте 41—60 дней	13	25.6	22	27.3
Павшие в возрасте 10—40 дней	10	25.3	16	27.2
Павшие в возрасте до 10 дней	15	24.8	43	26.3

Таблица 11

Живой вес телят при рождении в связи с отходом за разные периоды

Группы телят	1926—1933				1934—1938			
	Телки		Бычки		Телки		Бычки	
	n	*M*	*n*	*M*	*n*	*M*	*n*	*M*
Оставшиеся живыми после 2 месяцев	133	26.9	114	28.5	244	26.8	245	28.5
Павшие до 2 месяцев	26	25.4	31	27.4	23	24.6	43	26.7

Таблица 12

Отход инбридированных и неинбридированных телят в процентах (♀ и ♂ суммарно)

Группы телят	Коэффициенты инбридинга и периоды по годам											
	1926—1929				1930—1933				1934—1938			
	0.0	0.1—3	3—12	12—30	0.0	0.1—3	3—12	12—30	0.0	0.1—3	3—12	12—30
Всего телят	100	68	87	18	53	115	114	77	27	119	120	75
Павшие до 2 мес.	17	25.1	24.0	22.0	26.3	34.0	26.4	40.1	11.1	11.8	14.3	13.0
Мертворожденные и абортированные	2	2.9	1.0	—	3.7	4.3	—	3.9	1.1	0.7	1.7	—

Таким образом, среди телят с малым живым весом при рождении процент отхода, в среднем, несколько больший, чем среди телят с крупным живым весом. То же самое наблюдается по отдельным периодам, за разные годы разведения скота в племхозе «Красный Октябрь» (табл. 11), причем в годы, неудовлетворительные в хозяйственном отношении (1926—1933), как и следовало ожидать,

средний вес телят, павших в течение 2 месяцев после рождения, более высокий, чем в соответствующей группе за последующие годы (1934—1938).

Учитывая то обстоятельство, что среди инбридированных телят, в среднем, наблюдается несколько повышенный процент особей с крайне малым живым весом, вероятность отхода среди которых бо́льшая, чем среди телят с средним и крупным живым весом, можно ожидать несколько повышенного процента отхода телят в результате родственного разведения животных. Приведенные данные в табл. 12 вполне подтверждают это.

Таблица 13

Отход инбридированных телят (в %) в связи с поколением инбридинга (♀ и ♂ суммарно)

Поколения инбридинга	f = 1.0—6.0		f = 6.1—30	
	Общее количество телят	Отход до 2-мес. возр.	Общее количество телят	Отход до 2-мес. возр.
I	57	22.8	109	36.0
II	65	18.4	43	21.0
III	176	23.8	111	24.4
IV	65	17.0	14	7.0

Рассматривая проценты отхода телят по разным генерациям инбридинга (табл. 13), можно видеть, что при более или менее длительном родственном разведении в течение 3—4 поколений отход молодняка не увеличивается, а, наоборот, имеет некоторую тенденцию к уменьшению.

Сопоставляя эти данные с соответствующими данными по живому весу телят при рождении (табл. 9), необходимо отметить известную согласованность между ними. С повышением генерации инбридинга размах изменчивости по живому весу телят при рождении, как было указано, несколько повышается. Это повышение в основном происходило за счет увеличения восходящей части ряда, т. е. особей с наиболее крупным весом, вероятность отхода среди которых значительно меньшая, чем среди телят с крайне малым весом. Наибольший про-

Таблица 15

Жизнеспособность телят — потомков разных производителей

Группы телят	Отцы телят							
	Финал	Трудовик	Титан	Оскар	Онегин	Шоколад	Циклон	Яркий
Неинбридиров.								
Всего телят	34	12	25	5	5	11	68	30
Отход, в %	32.5	25.0	28.0	20.0	20.0	18.3	17.5	10.0
Инбридиров. (f = 1.5—9.0%)								
Всего телят	13	93	83	38	21	94	34	11
Отход, в %	46.4	22.7	27.7	28.8	9.5	20.0	14.7	9.0
Инбридиров. (f = 20—30%)								
Всего телят	25	32	19	21	6	31	35	4
Отход, в %	48.0	46.8	31.5	19.0	6.7	16.0	17.0	0.0

цент отхода наблюдается у инбридированного молодняка первой генерации, эта же группа животных характеризуется и сравнительно наибольшим количеством телят с малым живым весом при рождении.

До сих пор мы приводили только суммарные данные по отходу молодняка в связи с инбридингом, в которых объединялись потомки разных производителей. При дифференциации этой популяции по признаку происхождения телят от разных предков оказывается, что родственное спаривание животных не во всех случаях сопровождается повышенным отходом молодняка (табл. 14).

Как видно из данных табл. 14, наибольший процент отхода наблюдался среди потомков Финала, Трудовика и Титана, причем инбридированные телята дали в среднем больший процент отхода, чем неинбридированные. Инбридированные потомки быков — Яркого, Циклона и отчасти Шоколада, наоборот, характеризуются сравнительно меньшим процентом отхода, чем аутбредные потомки тех же производителей. Имеющиеся в нашем распоряжении данные в общем показывают, что если производители при аутбредных спариваниях дают потомков с пониженной жизнеспособностью в среднем, то при родственном спаривании жизнеспособность телят еще больше понижается. И наоборот, производители, давшие жизнеспособное потомство при аутбредных скрещиваниях, дают еще более жизнеспособное потомство при родственных спариваниях.

Таким образом, при суммарном подсчете средних величин как в отношении отхода молодняка, так и в отношении живого веса при рождении, нельзя получить достоверных результатов, которые отражали бы особенности отдельных типов спариваний. Если в изучаемой группе инбридированных телят, например, преобладающими были родственные спаривания по линии производителей Финала, Трудовика и Титана, то качество телят в среднем будет худшим, чем качество

Таблица 15

Случаи появления уродливых телят в племхозе «Красный Октябрь»

Пол	Дата	Коэфф. инбрид. теленка	Отец теленка	Мать теленка	На кого инбридирован
		Телята с укороченной и скошенной губой			
♂	27. V. 1935	14.06	Циклон	Школа	Звонкий, Михель
♀	17. II. 1935	25.0	Шоколад	Роза	Роза
♂	27. II. 1935	3.12	Титан	Фантазия	Жерлица, Казачек
♀	16. III. 1932	3.90	Финал	Принцесса	Сережка
♂	20. XII. 1930	1.95	Трудовик	Муха	Грозный, Хваленая
♀	13. III. 1931	1.95	»	»	» »
♀	28. XI. 1934	6.25	Шоколад	Шутиха	Звонкий
♀	21. VI. 1935	6.25	»	Эмблема	»
♀	2. IV. 1935	0.0	Добрик	Цепь	»
♀	3. VI. 1936	0.0	»	Фрица	»
		Однокопытные телята			
—	10. II. 1933	9.37	Трудовик	Тыква	Лютик, Казачек
♂	15. I. 1932	3.12	»	Светлана	Казачек
♂	7. I. 1933	3.12	»	»	»
♂	7. VII. 1935	1.17	Шоколад	Шаталка	Марс
♀	31. I. 1935	0.39	Циклон	Церера	Грозный
—	1. V. 1934	0.39	Финал	Хитрость	»
		0.39			

аутбредных телят от тех же производителей. Обратные отношения можно ожидать среди потомков Яркого и Циклона. Нужно сказать, что повышенный отход среди приплода быков Финала, Трудовика и Титана в значительной степени, вероятно, был вызван также и неудовлетворительными хозяйственными условиями племхоза того времени. Однако соотношение процентов отхода в инбридированной и неинбридированной группах телят, которые родились и воспитывались в один и тот же период времени, являющихся приплодом одних и тех же производителей, дает известное основание судить о наследственных особенностях данных производителей. Более подробное обсуждение этих вопросов мы делаем несколько ниже при генеалогическом анализе популяции молодняка, а сейчас приведем некоторые данные о связи родственных спариваний животных с появлением различного рода уродливых телят.

В племхозе «Красный Октябрь» были отмечены и зарегистрированы два типа уродливостей молодняка: укороченная или искривленная верхняя челюсть и однокопытность. Телята, имевшие уродливость первого типа, не в состоянии были пережевывать корм, вследствие чего они вскоре после рождения гибли. Однокопытные сохранялись дольше, однако единственное копыто на ноге, по величине равное нормальному, вскоре начинало трескаться, в трещинах появлялось болезненное нагноение, которое мешало таким животным свободно передвигаться. Вследствие этого однокопытные телята обычно в раннем возрасте выбраковывались.

Подробный анализ относительно наследственной обусловленности этих уродливостей телят в племхозе «Красный Октябрь» был сделан К. М. Лютиковым (1936), поэтому здесь мы ограничимся лишь краткими замечаниями по этому поводу.

Прежде всего, как показывают данные табл. 15, уродливые телята появлялись не только в результате близко родственных спариваний ($f = 9—25\%$), но также при отдаленном инбридинге и при неродственных спариваниях. Таким образом, появление уродливостей среди телят никак нельзя приписать только влиянию тесного инбридинга. Однокопытность и укороченная челюсть телят, обусловливаемые известными наследственными факторами, которые в гетерозиготном состоянии фенотипически не заметны, проявляются в случае перехода этих факторов в гомозиготное состояние. В связи с тем, что уродливости (табл. 15) телят появлялись среди потомков разных производителей, не имеющих общих предков, можно думать, что появление этих наследственных факторов (мутаций) происходило независимо у разных исходных предков популяции. В таком случае гомозиготное состояние генов указанных выше уродливостей может быть получено при любом типе спариваний, причем в случае инбридинга процент животных с повышенной степенью гомозиготности, а следовательно, и полулетальных сочетаний будет несколько более высоким, чем при аутбридинге в среднем (табл. 16).

Таблица 16

Соотношение числа уродливых телят с общим приплодом отдельных производителей

Производители	Число потомков производителя		Число уродливых телят	
	Общее количество	Из них инбридировано, в %	Абсолютн. количество	В % к общему количеству
Шоколад .	140	97.0	4	2.85
Трудовик .	143	95.0	5	3.50
Титан . . .	123	84.6	1	0.81
Финал. . .	73	65.0	2	2.74
Циклон . .	144	31.7	2	1.39
Добрик . .	132	0.0	2	1.51

Генеалогический анализ молодняка

Как выше было отмечено, различия по средним показателям живого веса и жизнеспособности молодняка между потомками отдельных производителей выражены, в общем, довольно резко. Однако эти признаки (живой вес и жизнеспособность телят) зависят не только от наследственных особенностей быков-производителей, от которых они произошли, но в равной мере также и от наследственных особенностей матерей. При обработке имеющегося в нашем распоряжении материала с учетом качества матерей телят (табл. 17), оказалось, что потомки дочерей отдельных производителей имеют не всегда сходные показатели живого веса при рождении, который в известной мере является и показателем их жизнеспособности, с таковыми непосредственных потомков (первого поколения) данных производителей. Наблюдаемые различия в большинстве случаев определяются неодинаковым сочетанием отдельных исходных предков в родословных телят.

Таблица 17

Живой вес телят при рождении при разном сочетании предков

Отцы телят	Отцы матерей телят (деды по матерям)									
	Звонкий		Финал		Титан		Трудовик		Оскар	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Циклон	27.0	29.8	—	25.8	28.8	26.0	25.8	27.1	26.6	29.2
Шоколад	28.0	28.8	—	29.4	26.4	25.6	25.8	26.6	27.3	31.0
Добрик	27.1	28.7	—	—	27.2	27.5	26.8	27.8	28.1	28.7
Яркий	—	30.3	25.8	—	27.0	—	24.7	28.5	—	—
Нептун II	23.0	27.5	26.8	27.9	25.8	26.2	27.7	27.8	28.3	29.6
В среднем	27.4	28.8	26.1	28.4	27.4	26.6	26.4	27.3	27.6	29.3

Рассматривая эти данные (табл. 17) и сопоставляя их с приведенными выше в табл. 7, нетрудно видеть, что производитель Звонкий в первом и во втором поколениях (по материнской линии) дал приплод с крупным живым весом при рождении, а бык Финал в том и другом случае — приплод с малым живым весом. Непосредственные потомки (дети) Трудовика и Титана характеризуются в среднем (табл. 7) довольно большим живым весом при рождении, а телята, полученные от дочерей этих быков, отличаются сравнительно малым живым весом; у потомков производителя Оскар отношения обратны. Телята, полученные от спаривания быка Шоколад с дочерьми Трудовика, имели живой вес при рождении в среднем меньший, чем от спаривания дочерей того же производителя с быком Нептун II. То же самое можно видеть и в отношении потомков других производителей.

Подробный анализ родословных обсуждаемой популяции телят племхоза «Красный Октябрь» позволяет нам утверждать, что колебания в средних величинах живого веса телят при рождении, полученных в результате родственного и неродственного спаривания (при прочих равных хозяйственных условиях), в значительной степени определяются наследственными особенностями отдельных предков.

Чтобы лучше разобраться в довольно сложных сочетаниях различных предков телят популяции племхоза, нами использован способ генеалогических коэффициентов, предложенный А. В. Райсом (1937). Сущность этого способа заключается в подсчете частоты встречаемости отдельных предков в родословных телят определенной группы. Для анализа была взята популяция телят, родившихся в период с 1934 по 1938 г., которая была разбита на три, более или менее равные по количеству животных, группы: с малым, средним и большим живым весом при рождении. В группу телят с малым живым весом вошли те особи,

которые имели вес: телки 25 кг и меньше (M = 22.5 кг) и бычки 26 кг и меньше (M = 23.7 кг), а в группу с большим живым весом — телки 28 кг и больше (M = 30.5 кг) и бычки 29 кг и больше (M = 32.2 кг). В пределах каждой группы для непосредственных потомков отдельных производителей были подсчитаны генеалогические баллы (или коэффициенты) производителей по материнской линии за два поколения. Для этой цели был составлен список разных быков, которые встречались в родословных по материнской линии; этим быкам ставилась отметка 2, если они были непосредственными предками (отцами) матерей телят, и отметка 1, если они встречались во втором поколении. Затем частота встречаемости отдельных быков в изучаемых родословных каждой группы помножалась на эти отметки, в результате были получены общие отметки, или генеалогические коэффициенты (табл. 18). Для того чтобы эти коэффициенты были сравнимы по отдельным группам, полученные цифры были пересчитаны на одинаковое число (n = 50) родословных.

Таблица 18

Сочетания предков у телят (♀ и ♂) с разным живым весом при рождении

Предки по материнской линии за два поколения	Отцы телят									
	Циклон		Шоколад		Яркий		Добрик		Нептун	
	Телята с крупным весом	Телята с малым весом	Телята с крупным весом	Телята с малым весом	Телята с крупным весом	Телята с малым весом	Телята с крупным весом	Телята с малым весом	Телята с крупным весом	Телята с малым весом
Звонкий	29.0	16.1	39.0	19.7	29.0	25.0	29.0	23.0	18.5	27.0
Циклон	2.2	—	2.8	—	25.0	18.8	—	—	—	—
Финал	—	7.0	19.5	16.0	17.6	12.5	2	—	15.6	14.0
Лютик	11.0	11.5	4.2	7.0	4.3	6.3	12.0	5.7	—	3.6
Онегин	10.0	3.5	5.6	3.5	4.3	3.1	10.0	7.2	2.6	8.9
Трудовик	11.0	44.0	25.0	38.5	—	6.6	14.0	23.0	42.0	32.0
Титан	11.0	14.0	2.8	18.5	8.8	9.4	6.0	14.5	5.2	10.7
Хан	2.2	—	2.8	4.6	8.8	6.3	—	—	—	—
Грозный	3.4	3.5	1.4	1.2	—	—	2.0	—	—	3.6
Михель	11.0	5.8	11.8	3.5	8.8	3.1	22.0	5.7	2.6	3.6
Казачек II	6.6	3.5	2.8	5.8	—	—	6.0	1.5	7.9	1.8
Казачек I	6.6	2.3	1.4	2.3	—	—	1.0	1.4	—	—
Любимец	7.8	1.2	1.4	—	—	—	12.0	5.7	10.4	—
Нептун I	7.8	9.2	2.8	5.8	—	3.1	9.0	18.5	—	7.0
Оскар	12.2	17.5	6.9	7.0	4.3	—	12.0	21.5	13.0	10.7
Добрик	—	—	—	2.3	16.5	44.0	—	—	—	—
Число родословных	45	43	36	43	12	18	51	35	19	28

Приведенные в табл. 18 данные показывают, что телята с крупным живым весом имеются среди потомков каждого производителя, но в относительно разных количествах и их происхождение связано с различными сочетаниями предков. В родословных телят первой группы наиболее часто встречаются быки Звонкий, Циклон, Михель и Любимец, а второй (с малым живым весом) — Трудовик, Титан, Нептун I и Оскар.

Учитывая то обстоятельство, что непосредственные потомки производителей Трудовика и Титана характеризовались сравнительно крупным живым весом при рождении (табл. 7), на первый взгляд может показаться несколько странным, почему, при общем генеалогическом анализе популяции телят, эти быки оказались ухудшателями. Однако это становится ясным, если посмотреть данные табл. 17, показывающие, что дочери Трудовика и Титана почти во всех случаях дали потомков с малым живым весом, кроме случаев спаривания их с быком

Нептун II. Интересно отметить, что потомки дочерей Звонкого и Нептуна II в большинстве случаев имели малый живой вес, в то время как при спаривании этих коров с другими производителями, в том числе и родственными им (Циклоном, Шоколадом), получено потомство в большинстве с крупным живым весом. Таким образом, результаты работы так называемых «улучшателей» или «ухудшателей», очевидно, определяются не только их личными наследственными особенностями, но, главным образом, удачным сочетанием их особенностей с таковыми маточного поголовья.

Генеалогический анализ популяции телят племхоза «Красный Октябрь» показывает, что лучшие результаты по живому весу и жизнеспособности телят получены в группе (генеалогической линии) Звонкого и Грозного, а худшие в группе Лютика как при аутбредных, так и при родственных спариваниях.

Неродственные стаду производители Добрик и Нептун II по качеству своих потомков имеют существенные различия между собой: первый стоит ближе к группе Звонкого, а второй к группе Лютика.

Влияние родственного разведения на живой вес и молочность коров

Для более ясного представления о роли инбридинга в племенной работе с крупным рогатым скотом, кроме материалов по характеристике молодняка, необходимо еще привести некоторые данные о продуктивности взрослых животных в связи с родственным разведением.

Как выше было отмечено, родственное разведение скота в племхозе применялось в сравнительно больших размерах. За исследуемый нами период времени (1928—1938) каждый год в среднем было 63.5% родственных спариваний и только 36.5% аутбредных, причем в отдельные годы число родственных спариваний достигало 88%. Из 258 изученных нами взрослых коров — 146 голов, или 56.6%, были в разных степенях инбридированными. Среди 14 производителей — 7 инбридированных. Таким образом, общая интенсивность родственного разведения в племхозе сравнительно велика, во всяком случае она больше, чем в ряде других хозяйств, разводящих ту же породу ярославского скота.

Сравнивая средние показатели живого веса коров племхоза «Красный Октябрь» с таковыми других хозяйств (табл. 19), нетрудно видеть, что стадо коров этого племхоза имеет вполне удовлетворительные показатели по сравнению с другими группами породы.

Таблица 19

Живой вес коров ярославской породы в разных хозяйствах

Группы коров	Возраст коров, в отелах		
	I	II	III и старше
Племхоз «Красный Октябрь»	366.6	431.2	438.9
Яросл. опытн. станция (по Ярославцеву, 1937)	342	410	417
Колхоз «Красный коллективист» . .	—	447	458
Записанные в IV томе ГПК	377	401	420

То же самое можно сказать и в отношении молочной продуктивности коров. Средний удой одной коровы (за 300 дней лактации) в племхозе «Красный Октябрь» составляет: по первому отелу 2512 кг, по второму отелу 2533 кг, а по третьему и старше — 3482 кг. По данным IV тома ГПК ярославского скота удои коров, записанных в Государственную племенную книгу, в среднем несколько ниже, а именно: по первому отелу — 2393 кг, по второму — 2844 кг, а по третьему и старше — 3295 кг. В племхозе «Успенская ферма» средний удой коров составляет 3200 кг, а в колхозе «Красный коллективист» — 3562 кг.

В пределах популяции коров племхоза «Красный Октябрь» показатели продуктивности инбридированных и неинбридированных животных существенно не различаются между собой. Данные по живому весу приведены в табл. 20.

Таблица 20

Живой вес коров в связи с инбридингом

Коэффициенты инбридинга	Число коров	Средний возраст, в годах	Живой вес, в кг
0.0	60	7.16	419.8
3.0	48	6.46	412.6
9.57	34	6.85	419.0

Аналогичные данные имеются и по молочной продуктивности. Бонитировкой 1937 г. в хозяйстве было зарегистрировано 35 элитных коров, из них 15 инбридированных. Средний удой последних, как видно из табл. 21, примерно равен удою неинбридированных коров.

Таблица 21

Удой элитных коров (за 300 дней лактации)

Коэффициенты инбридинга	Число животных	Средний возраст, в годах	Средний удой, в кг
0.0	20	7.0	4309
8.1	15	6.4	4338

Также не обнаружено нами какого-либо различия между сравниваемыми группами коров в отношении их плодовитости. Для этой цели нами было подсчитано, сколько месяцев в среднем затрачено каждой коровой на производство одного теленка в течение ее жизни с момента первой случки; результаты подсчетов представлены в табл. 22.

Таблица 22

Плодовитость инбридированных и неинбридированных коров

Коэффициенты инбридинга	Коровы 3 отелов и меньше		Коровы 4 отелов и больше	
	число коров	среднее число месяцев на одного теленка	число коров	среднее число месяцев на одного теленка
0.0	24	11.65	84	12.37
1.5—9.0	24	10.96	62	12.51
9—25	14	11.5	24	12.51

Таким образом, по средним показателям живого веса, продуктивности и плодовитости среди взрослых животных племхоза «Красный Октябрь» не представляется возможным установить каких-либо различий между инбридированной и неинбридированной группами. Учитывая приведенные выше материалы по характеристике молодняка в связи с родственным разведением, это, собственно говоря, и нужно было ожидать. Прежде всего, в связи с неоднородностью наследственных качеств предков, на которых инбридировались животные, плохие и хорошие результаты инбридинга в подсчетах средних величин в известной мере взаимно уравновешиваются. Кроме того, отрицательное действие инбридинга сказывается, главным образом, на понижении жизнеспособности некоторой части молодняка, который в силу естественного и искусственного отбора в сравнительно ранних возрастах выбраковывается.

В пределах сохранившейся популяции инбридированных коров, наряду

с некоторым числом животных, имеющих средние и ниже средних показатели продуктивности, имеются отдельные животные с рекордными удоями.

Анализ родословных таких животных показывает, что в большинстве случаев они были инбридированы на выдающихся по продуктивности предков.

Как пример можно указать на двух таких коров племхоза «Красный Октябрь» — Чашу и Шкатулку. Обе они инбридированы на корову Милку I, которая по четвертому отелу за 300 дней лактации дала 4170 кг молока, а по седьмому — 4112 кг.

Корова Чаша, коэффициент инбридинга которой равняется — f = 16.4%, по третьему отелу за 300 дней лактации дала 4920 кг молока, а по четвертому отелу — 4860 кг молока. Другая корова — Шкатулка, имеющая f = 13.1% (на Милку I), по третьему отелу дала 4350 кг молока.

Аналогичные примеры имеются в практике разведения крупного рогатого скота в колхозе «Красный коллективист» по инбридингу на рекордистку породы Золотую Я-3305, которая по IV лактации за 300 дней дала 7660 кг молока (за 364 дня лактации надоила 9267 кг молока). Дочь этой коровы Флорида (f = 0.0), давшая за 300 дней по V лактации 5280 кг молока, является непосредственным предком трех коров, из которых две (Ромашка и Ласка) инбридированы на Золотую и одна (Флира) получена в результате аутбредного спаривания. Данные по молочной продуктивности этих коров приведены в табл. 23.

Таблица 23

Молочная продуктивность дочерей коровы Флорида

Кличка коров	Коэфф. инбрид. на Золотую	Удой в кг за 300 дней лактации	
		по III отелу	по IV отелу
Ромашка	6.25	6480	6330
Ласка	6.25	5640	—
Флира	0.0	2640	2160

В дополнение к сказанному интересно еще отметить, что среди приплода коровы Ромашки наблюдается большая изменчивость в отношении качества потомков. Так, например, по третьему отелу у этой коровы родился нежизнеспособный теленок — урод, а по пятому отелу она дала тройню вполне жизнеспособных и здоровых телят.

Приведенные вкратце материалы о результатах применения инбридинга на выдающихся по продуктивности животных свидетельствуют о том, что таким путем можно получить отдельных выдающихся по производительности особей. Однако это еще не значит, что, применяя в той или иной степени инбридинг на рекордных животных, в потомстве непременно будут получаться только выдающиеся по продуктивности животные. В связи с повышенной амплитудой изменчивости при родственном разведении, независимо от качеств исходных предков, в потомстве будут появляться животные разных качеств. Однако в случае инбридинга на лучших по продуктивности (жизнеспособности, плодовитости и т. д.) животных имеется большая вероятность получить больший процент потомков хорошего качества и среди них отдельных выдающихся по тому или иному виду продуктивности животных, чем в случае инбридинга на худших по наследственным особенностям предков.

Заключение

Анализ фактических материалов по применению инбридинга в племхозе «Красный Октябрь» и в ряде других хозяйств показывает, что основной и характерной особенностью родственного разведения животных на ряду с повышением

гомозиготности, является повышенный размах изменчивости признаков в потомстве инбридированной популяции стада или породы. Вследствие этого, инбридированная популяция, особенно первых генераций, отличается наличием повышенного количества крайних форм по живому весу телят при рождении. Теоретически это объясняется тем, что при скрещивании родственных и, следовательно, сходных по генотипу гетерозиготных животных, в потомстве происходит расщепление наследственных задатков в соответствии с гетерозиготностью исходных форм. В дальнейших генерациях инбридинга, при условии отбора тех или иных форм, размах изменчивости может постепенно уменьшаться. Кроме того, повышенный размах изменчивости в инбредной популяции определяется также бессистемностью родственного спаривания, когда животные инбридируются одновременно и смешанно на нескольких разных предков. В этом случае повышенный размах изменчивости может сохраняться и в потомстве многих генераций родственного разведения.

Согласно данным настоящего исследования, телята, имевшие малый живой вес при рождении, в среднем, отличаются меньшей жизнеспособностью, чем телята, имевшие большой вес. Инбридированные группы телят, которые при суммарных подсчетах имели в среднем больший процент особей с малым живым весом при рождении характеризуются в общем худшими показателями жизнеспособности. Преобладание особей, имевших либо малый, либо большой вес при рождении в группе инбридированных телят, определяется наследственными особенностями исходных предков. Некоторые производители при родственном спаривании дают потомков в преобладающем количестве с бо́льшим весом, а некоторые, наоборот, с малым живым весом при рождении. Таким образом, хотя инбридинг нельзя считать нейтральным способом разведения скота, так как он повышает размах изменчивости среди потомков, все же результаты его применения очень часто определяются наследственными особенностями исходных, при инбридинге, предков. Лучшие телята по живому весу и по жизнеспособности (племхоза «Красный Октябрь») получены в группах (или генеалогических линиях) производителей Звонкого и Грозного, худшие — в группе быка Лютик как при аутбредных, так и при родственных спариваниях. Некоторые инбридированные производители, как, например: Звонкий (f = 25.0%) и Титан (f = 25%) по ярославскому скоту, а также Зенон (f = 25.0%) и Маного (f = 37.5) по красному немецкому скоту при спаривании их с неродственными им коровами (топкросс) дают потомков с значительно более высоким живым весом при рождении, чем средние соответствующих аутбредных групп телят при других скрещиваниях.

Генеалогический анализ популяции телят племхоза показывает, что результаты работы ряда быков, так называемых «улучшателей» и «ухудшателей», определяется не только их личными наследственными особенностями, но большей частью удачным сочетанием их особенностей с таковыми маточного поголовья. Так, например, бык Нептун II при скрещивании с дочерьми Титана и Трудовика дал потомков с крупным живым весом, а при спаривании с дочерьми Звонкого его потомки имели малый вес; между тем дочери Звонкого, спаренные с быком Циклон и Шоколад, дали приплод в большинстве случаев с крупным живым весом при рождении.

Инбридированные и неинбридированные группы коров в среднем имеют сходные показатели по плодовитости, живому весу и молочной продуктивности. Отдельные коровы, инбридированные на рекордисток, характеризуются высокими удоями. В качестве примера можно указать на коров: Чашу (f = 16.4%) с удоем 4920 кг по III отелу за 300 дней лактации, Милку (f = 13.1%) с удоем 4350 кг, Ромашку (f = 6.25%) с удоем 6480 кг и Ласку (f = 6.25) с удоем 5640 кг.

Учитывая все вышеизложенное, в заключение необходимо отметить, что применение инбридинга целесообразно тогда, когда ставится определенная задача по коренному изменению стада, при создании новой породы или при выравнивании данной породы в отношении качеств отдельных выдающихся по тем или иным особенностям животных, а также с целью дифференциации той или иной популяции и выведения отдельных выдающихся по заданным качествам животных для топкросса с неродственными им животными. Выполнение всех этих работ,

ественно, может быть сделано лишь в тех хозяйствах, где имеется возможность обеспечить надлежащий зоотехнический контроль для проведения соответствующего отбора и подбора. Без этих предпосылок, беспорядочное родственное разведение скорее может привести к отрицательным, чем к положительным результатам.

ЛИТЕРАТУРА

1 Альтшулер В. Е., Борисенко и Поляков, Гомо- и гетерозиготность, как фактор жизнеспособности и продуктивности, Биол. журн., т. IV, в. 3, 1935.
2 Кисловский Д. А., Проблема овладения процессом эволюции домашних животных, Изв. Акад. Наук СССР, сер. биологич., № 1, 1937.
3 Лютиков К. М., Летальный фактор швицкого кр. рогатого скота, Биолог. журн., т. I, вып. 2, 1932.
4 Лютиков К. М., О племенной работе с семейством рекордистки Золотой, Пробл. жив., № 2, 1934.
5 Лютиков К. М., Последствия родственного разведения при отсутствии генетической проверки и подбора животных, Пробл. жив., № 3, 1936.
6 Малафиевский А. О., Родственное разведение (инбридинг) у ярославского скота (по данным госплемкниги), жур. Хозяйство ИПО, № 7, 1935.
7 Малаховский А. Я., Биологические особенности тесного инбридинга, Пробл. жив., № 11, 1938.
8 Малаховский А. Я., Биологические особенности тесного инбридинга в свете экспериментальной проверки, Пробл. жив., № 12, 1938.
9 Райс В. А., Разведение и улучшение с.-х. животных, 1937.
10 Castle W. E., Variability under inbreeding and crossbreeding, The Amer. Nat., Vol. 50, 591, 1916.
11 Darwin Ch., The effects of cross and self fertilization in the vegetable kingdom, London, 1876.
12 King H. D., Studies on inbreeding, The Journ. of Exp. Zool., Vol. 26, 1, 2; Vol. 27, I; Vol. 29, I, 1918, 1919.
13 Kronacher C., Der heutige Stand der Inzuchtfrage, Zeitschr. f. Tierzucht. u. Züchtungsbiolog., Bd. 2, H. I, 1925.
14 Lush J. L., Animal breeding plans, 1937.
15 Nilson F., Studies in fertility and inbreeding in some herbage grasses, Lund., 1933.
16 Valle O., Untersuchungen über die Selbssterilität und Selbstfertilität des Timothes (*Phleum pratense* L.) und die Einwirkung der Selbstbefruchtung auf die Nachkommenshaft, Acta Agraria Fennica, 24, 1931.
17 Waters N. F. and Lambert W., A ten year inbreeding experiment in the domestic fowl, Poultry Sci., Vol. 15, 3, 1936.
18 Waters N. F., The influence of inbred sires topcrossed on white leghorn fowl, Poultry Sci., Vol. 17, 6, 1938.

N. N. KOLESNIK. INBREEDING AND VITALITY OF CALVES FROM THE YAROSLAV STOCK

SUMMARY

The analysis of the factual material on inbreeding as practised in the pedigree cattle from «Krasniy Oktiabr» and in a number of other farms has shown the following. Along with the increase in homozygosity the main and characteristik result of inbreeding (related animals) is a wider range of variability of characters in descendants of the inbred strain of a herd or breed. Consequently, the inbred strain can be distinguished especially in the first generations by bearing a great number of calves that are extremer insofar as their body weight at birth is concerned. Theoretically this is accounted for by the fact that in crossing related heterozygous animals, which are thus similar in their genotype in offsprings splitting of hereditary characters takes place dependently upon the (degree of) heterozygocity of original ancestral forms. In further inbred generations the range of variability may become limited provided a selection of forms is made. Besides, the increased range of variability in the inbred strain may also be due to the lack of system in mating related individuals when animals are inbred simultaneously and at random on several different ancestors. In such a case the increased range of variability may persist in descendants of many generations of the inbred colony.

According to the data of the present study the calves which had a small body weight at birth are less vigorous than those whose body weights were greater. The

inbred groups of calves, which according to generalized calculations had, on the average, a greater percentage of individuals with small body weights at birth, are characterized on the whole by features that evidence of their lesser vigour. The preponderance of individuals with either great or small body weight at birth in the inbred group of calves is dependent upon hereditary pecularities in original ancestral forms. Some producers give in inbreeding offsprings in which great weights dominate, while some, on the contrary, give descendants in which small weights prevail. Thus, eventhough inbreeding can not be regarded as a neutral method of cattle rearing since it does increase the range of variability in descendants, the results of its application are very frequently determined by hereditary features of the original ancestral stock. The best calves insofar as their body weights and constitutional vigor are concerned, have been obtained (pedigree cattle from «Krasnyi Oktiabr») in groups (or genealogic lineages) of producers Zvonky and Groznyi and the worst ones in groups of a producer Lutik both in out and inbreeding. Some producers as for example Zvonky ($f = 25.0\%$) and Titan ($f = 25\%$) from among the Yaroslav stock, as well as Zenon ($f = 25.0\%$) and Manogo ($f = 37.5\%$) from among the red german stock, in mating with unrelated cows give offsprings whose body weights at birth are considerably greater than average weights in corresponding outbred groups of calves in other crossings.

The analysis of genealogy of the strain of calves from the pedigree cattle from exhibits that results of activity of a number of the so-called «perfecting» and «deteriorating» bulls are dependent not merely upon their individual hereditary peculiarities, but in great part upon a fortunate combination of their pecularities with those of female stock. So, for example, the bull Neptun II in crossing with daughters of Titan and Trudovik gave offsprings with great body weights, while in mating with daughters of Zvonky he gave offsprings with small body weight. At the same time daughters of Zvonky in mating with bulls Tsyklon and Shokolad bore litter with a preponderant great body weight at birth.

The inbred and outbred groups of cows have on the average similar records of fecundity body weight and milk yield. Some cows inbred to give a high milk yield show a very good record. The following cows may be cited as an example: Chasha ($f = 16.4\%$) with the milk yield of 4920 kgs after bearing the third litter, with the lactation period of 300 days; Milka ($f = 13.1\%$) with the milk yield of 4350 kgs; Romashka ($f = 6.25\%$) with the milk yield of 6480 kgs; Laska ($f = 6.25\%$) with the milk yield of 5640 kgs.

The above said permits us to state in conclusion that inbreeding is expedient when a definite aim is persued to change the stock radically, to create a new breed, or to spread evenly the outstanding qualities of some individual animals throughout the entire breed; also, when a strain has to be differentiated, so that individuals with special qualities aimed at might be reared to be topcrossed with unrelated animals. It goes without saying that all this work may be carried out only at such farms where provisions are made to secure a proper zootechnical supervision to make the selection. In the absence of these conditions the random inbreeding may lead to negative rather than positive results.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

П. К. ШКВАРНИКОВ

МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В СЕМЕНАХ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СЕМЕНОВОДСТВА И СЕЛЕКЦИИ

1. Развитие мутационной изменчивости в семенах в период их хранения

Довольно давно уже был известен факт, что при посеве семян, хранившихся продолжительное время, в потомстве вырастающих из этих семян растений наблюдается значительно повышенный, по сравнению с обычным, процент мутаций. Указания на это мы находим в работах Де-Фриза (1901) и Хериберта Нильсона (1931). Однако причину повышения процента мутаций в этих случаях как Де-Фриз, так и Хериберт Нильсон усматривали совершенно ошибочно не в ускорении самого процесса мутирования семян при продолжительном их хранении, а в более быстрой потере всхожести нормальными семенами по сравнению с мутантными, содержащимися якобы в определенном проценте в каждой партии семян еще до хранения. Согласно этой точке зрения абсолютное число мутантных особей, следовательно, не меняется, а наблюдающееся с течением времени повышение их процента является результатом уменьшения числа нормальных особей, происходящего благодаря более быстрому отмиранию зародышей нормальных семян. В полной ошибочности такого толкования фактов легко убедиться уже потому, что далеко не все мутации, обнаруживаемые в культурах, выращиваемых из несвежих семян, являются более жизнеспособными, чем нормальные растения. Как раз наоборот: очень многие из этих мутаций отличаются сильно пониженной жизнеспособностью по сравнению с нормальными растениями, и только часть их, нередко значительно меньшая, ничем не уступает в этом отношении остальным растениям. С другой стороны, если бы действительное положение вещей соответствовало точке зрения указанных авторов, то в каждом случае сколько-нибудь значительное повышение процента мутаций в хранящихся семенах было бы сопряжено с огромным падением всхожести этих семян. В действительности же нередко наблюдается частота мутаций, достигающая нескольких десятков процентов даже в культурах из таких семян, которые успели снизить свою всхожесть не более чем на 10—15%. Наконец, значительная часть семян теряет всхожесть в результате продолжительного их хранения как раз вследствие того, что в очень многих клетках их зародыша происходят довольно грубые мутационные изменения, относящиеся, главным образом, к типу хромосомных аберраций. Вследствие именно этого в них оказываются очень затрудненными или даже невозможными клеточные деления, а следовательно, невозможен и рост зародыша.

Указания Де-Фриза и Хериберта Нильсона о повышении процента мутации в старых семенах почти не привлекли внимания биологов. Причиной этого было указанное неправильное толкование ими этих явлений, в свете которого они действительно не представляли ни теоретического, ни практического интереса.

В приведенной точке зрения указанных авторов не придавалось никакого значения изменениям, могущим произойти в самих семенах за период их хранения. В корне отличную от вышеприведенной точку зрения на значение периода хранения семян для сохранения различных качеств как самих семян, так и получающихся из них растений высказывал И. В. Мичурин. В его работе «Семена, их жизнь и сохранение до посева», впервые опубликованной

в 1915 г. и вновь перепечатанной в 1-м томе его Трудов, мы находим указания об огромном влиянии хранения семян плодовых растений на их всхожесть, а также на ряд качеств вырастающих из них растений, начиная от общей мощности развития, времени вступления в период плодоношения и кончая различными качествами плода. В этой же работе содержатся полные глубокого смысла высказывания И. В. Мичурина относительно причин происходящих в семенах (в период их хранения) изменений, кроющихся в процессах жизнедеятельности семян, не прекращающейся и в состоянии так называемого анабиоза. Однако, подчеркивая огромную роль хранения семян в изменении различных качеств получающихся из них растений, Мичурин оставил, к сожалению, незатронутым вопрос о тех изменениях, которые соответствуют мутациям в современном их смысле. Явление повышения частоты мутаций в семенах в период хранения было истолковано совсем в ином смысле, чем у Де-Фриза и Хериберта Нильсона, лишь после новейших исследований и в первую очередь после положившей начало этим исследованиям работы М. С. Навашина, опубликованной в 1933 г.

Опыт Навашина заключался в том, что он высевал несколько порций семян *Crepis tectorum*, хранившихся в течение различных сроков (от 1 до 7 лет) и полученные из этих семян молодые растения тщательно исследовал в отношении наличия у них хромосомных мутаций. Результаты проведенного им исследования были следующие: 81% растений, полученных из семян, хранившихся в течение 6—7 лет, содержал в своих тканях хромосомные мутации, в то время как в контрольном материале, т. е. среди растений, получаемых из свежих семян, у данного вида подобные изменения встречаются обычно не чаще, чем в 0.1% случае. Большинство обнаруженных в данном случае мутантных растений имело химерное строение, т. е. состояло из нескольких сортов тканей (в простейшем случае из двух сортов тканей — нормальных и содержащих измененные хромосомы). Это обстоятельство являлось лишним доказательством того, что мутационные изменения возникли в семенах после того, как они были окончательно сформированы в виде сложного многоклеточного организма, т. е. уже в период их хранения. Цитологическому исследованию были подвергнуты также многие погибающие проростки и невсхожие семена, в которых был установлен ряд наглядных картин дисгармонии в росте различных участков (мутантных и немутантных) зародыша, как, например, отмирание целых участков меристемы вследствие аномалий клеточных делений и т. п. Эта дисгармония роста является причиной тех многочисленных морфологических ненормальностей, которые наблюдаются на первых этапах развития проростков, полученных из несвежих семян. На основании этих фактов Навашин легко показал, что попытка объяснить повышение частоты мутаций в хранящихся семенах селективным вымиранием немутантных зародышей была просто наивной. Он доказал, что в действительности, при продолжительном хранении семян, имеет место усиление интенсивности процесса мутационной изменчивости, обусловливаемое, повидимому, происходящими в семенах за период хранения биохимическими изменениями.

Установленные Навашиным факты были подвергнуты экспериментальной проверке рядом исследователей на различных объектах. Одним из первых опубликовал результаты аналогичного исследования канадский ученый Пето (Peto, 1933).

Однако данные цитологического анализа Пето должны рассматриваться как очень приблизительные, поскольку число исследованных им растений было незначительным.

Вслед за Пето аналогичное исследование было проведено Картледж и Блэкслн (Cartledge и Blakeslee, 1934) на семенах *Datura*.

Эти авторы исследовали частоту мутаций среди растений, полученных из семян, хранившихся от 1 до 10 лет. Они пользовались в качестве показателя наличия мутаций признаком абортивности пыльцевых зерен. У *Datura* известны три хорошо отличимых типа абортивности пыльцевых зерен: два из них обусловливаются хромосомными аберрациями и один так называемой генной мутацией. В табл. 1 приведены полученные Картледж и Блэксли цифровые данные о частоте мутаций, определявшейся указанным выше способом. Из этих данных видно, что процент растений с абортивной пыльцой, обусловленной обоими указанными выше типами мутаций, возрастал почти пропорционально продолжительности хранения семян, из которых получены исследованные растения. Всего ими было обнаружено 105 растений с абортивной пыльцой, из которых у 57 абортивность пыльцы обусловливалась хромосомными аберрациями, а у 48 — мутациями генного порядка. Из всего числа мутантных растений 17 оказались мутантными целиком, а остальные представляли собой секториальные химеры. Для проверки надежности избранного авторами способа определения мутаций по признаку абортивности пыльцы они подвергли цитологическому исследованию 11 мутантов типа хромосомных аберраций и 10 мутантов, не принадлежащих к этому типу. Исследованием установлено, что у мутан-

Таблица 1

Частота мутаций, выражающихся в абортивности пыльцевых зерен среди растений *Datura*, выращенных из семян различной давности
(Картледж и Блэксли, 1934)

	Продолжительность хранения семян, в годах								
	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Процент растений с абортивной пыльцой	0.6	1.3	1.5	2.8	5.1	6.1	7.1	8.7	7.0

тов последней группы хромосомный аппарат был совершенно нормальным, в то время как у 8 мутантов (из 11) типа хромосомных аберраций обнаружены различные хромосомные ненормальности.

Приведенные выше данные получены Картледж и Блэксли на основании исследования растений, выросших непосредственно из старых семян, но их исследование этим не ограничилось и было продолжено Эвери (Avery) и Блэксли (1934 и 1936) также и на потомстве указанных растений. Здесь уже внимание авторов было обращено на мутации, обусловливающие не абортивность пыльцы, а видимые изменения различных морфологических признаков взрослого растения.

В одном случае среди 350 потомств второго поколения авторы обнаружили 5 мутаций, что составляет 1.43%. В другом случае среди 315 потомств они обнаружили 11 мутаций, что составляет 3.5%. Для уяснения степени повышения частоты видимых мутаций Эвери и Блэксли указывают, что среди растений, выращивавшихся из свежих семян за 20 лет опытов с *Datura*, было обнаружено всего 7 видимых мутаций. Трудно вычислить, какой процент составляли эти мутации по отношению ко всему числу просмотренных за этот срок растений, но несомненно, что этот процент был чрезвычайно низким.

Влияние продолжительности хранения семян на частоту морфологически видимых мутаций во втором поколении растений из этих семян изучал также Штуббе (Stubbe) (1934, 1935а, 1935б) у *Antirrhinum majus*. Он высевал семена, хранившиеся от 6 до 10 лет.

Штуббе установлено (табл. 2), что с удлинением срока хранения семян в них повышается частота видимых мутаций, появляющихся во втором поколении растений. Так как цифровые

Таблица 2

Влияние продолжительности хранения семян на частоту видимых мутаций у *Antirrhinum majus* (Штуббе, 1934)

	Продолжительность хранения семян, в годах					
	Свежие семена	6	7	8	9	10
Процент морфол. видимых мутаций (по данным анализа второго поколения)	1.0	2.34	5.28	1.61	5.36	14.08

данные опыта значительно колебались по годам, то Штуббе повторил свой опыт, взяв для посева те же семена, но в большем количестве для того, чтобы получить более многочисленное потомство во втором поколении. Значительно уточненные данные, полученные Штуббе в этом повторном опыте, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние продолжительности хранения семян на частоту видимых мутаций у *Antirrhinum majus* (Штуббе, 1935 г.)

	Продолжительность хранения семян, в годах						
	Свежие семена	5	6	7	8	9	10
Процент видимых мутаций . . .	1.0	1.5	2.96	5.25	4.06	6.05	14.03

В первом опыте Штуббе было исследовано 1323, а во втором 4118 потомств. Всхожесть семян колебалась в пределах от 81.52% после шестилетнего хранения до 26.77% после десятилетнего хранения.

В 1934 г. М. С. Навашиным и Е. Н. Герасимовой были получены более полные, чем в более ранней работе Навашина, данные о зависимости между продолжительностью хранения семян и частотой возникающих в них хромосомных мутаций по трем видам *Crepis* (*Cr. tectorum*, *Cr. capillaris* и *Cr. dioscoridis*).

Авторы подробно излагают свою точку зрения по следующим вопросам: 1) о причинах повышения частоты мутирования в семенах при их хранении; 2) о моменте возникновения мутационных изменений в клетках зародыша; 3) о характере распределения мутантных клеток в теле зародыша и мутантных тканей на позднейших стадиях развития особи и т. п. Позднее мы подробнее остановимся на этих вопросах, а здесь приведем лишь полученные авторами в их работе цифровые данные о процентах мутаций в семенах, хранившихся в течение различных сроков (табл. 4).

Таблица 4

Процент хромосомных мутаций среди растений, выращенных из семян различного возраста (Навашин и Герасимова, 1935)

Название растений	Год урожая семян	Число исследов. растений	Число обнаруж. мутаций	Процент мутантных растений	Откуда происходят семена
Crepis tectorum	1925	22	9	41	Копенгаген
	1926	3	1	33	»
	1927	10	4	40	»
	1927	49	3	6	Калифорния
	1927	23	3	13	»
	1928	8	3	27	Орел
Crepis capillaris	1925	73	32	44	Копенгаген
» *dioscoridis*	1926	22	3	14	Неизвестно
	1926	20	1	5	»
	1927	12	2	17	Копенгаген

Одновременно авторами были исследованы семена ржи, в которых также было констатировано большое ускорение мутационной изменчивости в зависимости от продолжительности их хранения. Однако они не дают цифр о частоте мутаций в данной культуре, приводя лишь несколько рисунков, изображающих различные аномалии в клеточных делениях, вызванных структурными изменениями хромосомного аппарата.

Автором настоящей статьи в 1934 и 1935 гг. было исследовано влияние продолжительности хранения семян на частоту мутаций, обусловливающих изменения важнейших морфологических и хозяйственных признаков у двух сортов мягкой пшеницы. Для исследования были взяты семена, выращенные в северных и в южных районах Советского Союза. Семена как северного, так и южного происхождения хранились после их сбора вместе в течение разных сроков. Параллельное исследование семян, хранившихся в течение одинакового

времени и принадлежащих к одному и тому же сорту, но происходящих из разных мест, ставило своей целью выяснить, какое значение для развития процесса мутирования в период хранения семян могут иметь те очень отличающиеся между собой условия, при которых протекало созревание данных семян.

Полученные в этой работе данные об интенсивности наследственных изменений в семенах, обусловливающих появление различных новых форм растений в потомстве второго и последующих поколений, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Изменение интенсивности процесса мутирования семян пшеницы в зависимости от продолжительности их хранения
(П. К. Шкварников, 1935)

Название сорта	Продолжительность хранения семян (годы)	Процент семей, в которых возникли мутантные растения		Процент мутантных особей по отношению к общему числу растений	
		в тех случаях, когда семена происходили из южных районов	в тех случаях, когда семена происходили из северных районов	в тех случаях, когда семена происходили из южных районов	в тех случаях, когда семена происходили из северных районов
Triticum vulgare var. *ferrugineum sibiricum*	10	37.9	Семена не взошли	2.35	—
	9	17.5	18.5	0.71	0.94
	8	12.8	17.6	0.58	1.49
	7	11.3	—	—	—
	6	6.2	9.7	0.64	0.64
Triticum vulgare var. *albidum* 0604	10	15.0	Семена не взошли	1.02	—
	9	12.8	12.5	0.71	0.69
	8	1.4	—	0.80	—
	7	9.5	10.0	0.75	0.78
	6	9.8	8.8	0.68	0.57

Как видно из этой таблицы, процент тех семей второго поколения, в которых появились новые мутантные формы растений, колеблется, в зависимости от продолжительности хранения семян, из которых данные семьи произошли, от 6.2 до 37.9 по одному сорту и от 8.8 до 15.0 по другому сорту.

Из табл. 5 видно, что у сорта *T. vulg.* var. *ferrugineum sibir.* процесс мутирования в семенах, происходящих из северных районов, развивался несколько более быстрым темпом, чем в семенах из южных районов. Во втором сорте (нижняя часть таблицы) подобной разницы не было заметно.

Проценты мутантных особей в общем числе растений второго поколения (последние две графы) оказались недостаточно высокими, несмотря на значительно высокий во всех случаях процент семей, в которых выявлялись мутации. Это произошло по чисто случайным причинам. Мы считаем, что решающее значение здесь имели очень неблагоприятные условия вегетации в данном году. При указанном проценте семей, выщепляющих мутантов, процент мутантных особей в общей массе растений, как бы он широко ни колебался, должен быть значительно выше.

Большая часть возникающих в данном случае мутаций относилась к типу хромосомных аберраций, обусловливающих, например, спельтоидные и сверхедные формы колоса с сопутствующими им изменениями других признаков (карликовый рост растения, узколистность, та или иная степень бесплодия и другие). Из мутаций, не относящихся к указанному типу, в данном случае встретилась только одна — это была мутация, характеризующаяся безостым колосом, из которой в дальнейшем очень легко удалось выделить константные формы. Она возникла сразу в нескольких семьях.

Как в данном, так и в других случаях возникающие мутации характеризуются часто не одним каким-либо измененным, по сравнению с исходной формой, признаком, а рядом признаков. Так, например, сверхедные мутации, возникшие

из остистых форм пшеницы, обладают остями, как правило, почти в полтора и в два раза более короткими, чем нормальные остистые формы. Кроме того, они почти всегда ниже нормальных растений и отличаются более толстой и прочной соломиной. Спельтоидные формы, наоборот, часто значительно выше нормальных растений, вегетационный период их иногда несколько длиннее, они более кустисты, не говоря уже о ряде более мелких особенностей, которыми отличаются спельтоиды от нормальных растений. То же можно сказать и о ряде других мутаций.

Фиг. 1. Triticum vulgare var. ferrugineum sibiricum. Слева нормальный колос; справа — мутант, отличающийся характером остей и более щуплым колосом

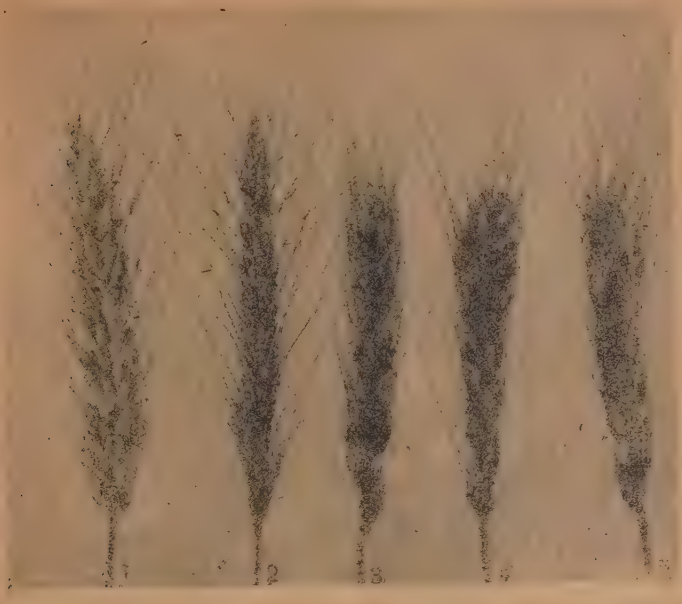
Фиг. 2. Triticum vulgare var. ferrugineum sibiricum. Бесплодный колос

Наследование возникших в данном случае мутаций к настоящему моменту прослежено до четвертого поколения, и все они оказались стойкими наследственными изменениями.

Ниже мы приводим фотографии некоторых из этих мутаций вместе с исходными формами, из которых они возникли (фиг. 1—7а).

Прежде чем подвести итог, остановимся еще на двух вопросах, требующих некоторого уяснения. В связи с тем, что в некоторых изложенных выше работах (Навашин, 1933; Навашин и Герасимова, 1935; Пето, 1933) основное внимание авторов было сосредоточено на различных хромосомных аберрациях, в том числе и таких, которые ведут к резким нарушениям функциональной деятельности клеток и даже гибели зародыша, для многих возникал вопрос о том, не являются ли все эти изменения просто результатом дегенеративного распада вещества клеток, связанного с постепенным отмиранием зародышей семян, и правильно ли говорить при этом о мутациях вообще.

Второй аналогичный вопрос, смущавший многих, связан был с тем, что указанные исследования имели дело только с хромосомными перестройками, которые якобы всегда ведут к снижению жизнеспособности клеток и организма в целом и поэтому они якобы не могут иметь какого-либо значения, поскольку сразу же будут отметены в ходе развития зародыша во взрослое растение. Те же немногие из них, которые и сохранятся в растении до образования половых клеток и передадутся потомству, постигнет та же участь, поскольку несущие их



Фиг. 3. T. vulgare var. ferrugineum sibiricum.
1 — нормальный колос; *2* — спельтоид; *3* — полускверхед; *4* и *5* — скверхеды

Фиг. 4. T. vulgare var. ferrugineum sibiricum.
1 и *2* — различные скверхеды; *3*, *4*, *5* и *6* — компактные колосья, разнящиеся между собой по степени уплотнения, остям и некоторым другим особенностям; *7* — карликовый скверхед

Фиг. 5. T. vulgare var. ferrugineum sibiricum.

1 — безостый мутант; *2* — безостый полускверхедный; *3* и *4* — безостые сверхеды, различные по длине и характеру уплотнения колоса

Фиг. 6. T. vulgare var. ferrugineum sibiricum.

В середине — нормальное растение, накануне выколашивания. По бокам — мутантные растения, отличающиеся узколистностью и более растянутым вегетационным периодом (на фото в момент начала выхода в стрелку)

Фиг. 7. Мягкая яровая пшеница, сорт неизвестен.

1 — нормальный колос; *2* — плотноколосый мутант; *3* — сквер хед мелкоколосый; *4* — мутант, характеризующийся уродливым колосом, удлиненными зубцами на цветковых чешуях и частичной бесплодностью; *5* — сквер хед нормальной величины; *6* — плотный, мелкий колос; *7* — компактный колос; *8* — колос нормального растения. (Приведенные мутанты возникли в потомстве, происходящем из семян, хранившихся 8 лет)

Фиг. 7а. T. vulgare var. albidum 0604.

1 — сквер хедный мутант; *2* — плотноколосый мутант; *3* — нормальный колос *4* и *5* — спельтоидные мутанты различных типов

Фиг. 8. Вверху по горизонтали: слева — нормальные хромосомы Crepis capillaris в метафазе; справа — нормальные хромосомы того же растения в поздней метафазе (перед началом анафазы);

1-й вертикальный ряд — различные случаи хромосомных аберраций у того же растения, относящихся к типу тех, которые не влекут за собой внутриклеточных аномалий; 2-й вертикальный ряд — различные случаи хромосомных аберраций, относящихся к категории тех, которые неизбежно влекут за собой различные внутриклеточные аномалии (характерным для данной группы аберраций является отделение фрагментов, не имеющих собственных кинетических перетяжек, а также образование хромосом с двумя такими перетяжками, т. е. местами прикрепления нитей веретена); 3-й вертикальный ряд — различные этапы нормального хода деления клеточного ядра от анафазы до образования дочерних клеток; 4-й вертикальный ряд — различные аномалии в ходе деления клеточного ядра, вызываемые хромосомными аберрациями, относящимися к категории приведенных во 2-м ряду

организмы как недостаточно жизнеспособные обречены на гибель в самые начальные периоды развития.

Оба эти вопроса основаны на недоразумениях. Во-первых, определенные хромосомные аберрации действительно неизбежно ведут к дегенерации клеток и, как указывалось уже в самом начале, даже к отмиранию всего зародыша или его частей, если эти аберрации возникли в большом числе клеток. Но такое влияние на жизнеспособность клеток и зародыша в целом имеет только определенная группа хромосомных перестроек, которые по своему характеру часто чисто механическим путем ведут к различным аномалиям в клетке с вытекающими отсюда неблагоприятными последствиями для жизни клетки. Эта именно группа хромосомных перестроек, как правило, действительно отсеивается в ходе развития зародыша, если последний не погибает.

Другие же типы хромосомных перестроек, возникающие параллельно с предыдущими и, вероятно, значительно чаще их, ни в какой степени не отражаются на жизнедеятельности клеток, ибо они обнаруживаются в растении в течение всего индивидуального развития последнего, тогда как перестройки,

относящиеся к указанной выше категории, во взрослом растении никогда не встречаются: они исчезают уже через несколько дней после прорастания семени. Несколько примеров различных хромосомных мутаций у *Crepis capillaris*, относящихся к обеим указанным категориям, а также примеров аномалий в делении ядра, вызываемых мутациями, относящимися к одной из этих категорий, приведены на фиг. 8.

О том, что многие хромосомные перестройки совершенно не влияют на функциональную деятельность клеток, убеждает нас простое сравнение у взрослого химерного растения тех частей (секторов, веток и т. п.), которые целиком состоят из клеток с перестроенными хромосомами с частями, состоящими из нормальных клеток. В большинстве случаев такие части растения, даже если бы они отличались морфологически (по окраске и т. п. признакам), не обнаруживают никакой разницы в темпе роста, в мощности развития и пр. Нельзя поэтому думать, чтобы эти структурные перестройки в хромосомном аппарате были следствием дегенеративного распада ядра клеток, происходящего накануне гибели зародыша. Не является следствием этого также и та группа хромосомных аберраций, которые ведут к снижению жизнеспособности клеток, так как между ней и остальными типами перестроек хромосом никакой принципиальной разницы как в отношении механизма их возникновения, так и в других отношениях нет. Эта группа аберраций, следовательно, является не следствием отмирания зародыша и дегенерации вещества клеток, а в некоторых случаях причиной наступающего отмирания точек роста зародыша и гибели последнего. Приведенные соображения отвечают по существу на оба поставленных выше вопроса. К ним можно еще добавить, что хромосомные мутации, относящиеся к категории тех, которые не связаны с возникновением ряда аномалий в клетке, возникают как в той части зародыша, которая дает начало корням, так и в той, которая дает начало наземным частям растения. Другой вопрос, что частота возникновения их в той и другой частях зародыша может быть разной.

Доказательством вышесказанного является прямое нахождение значительного процента особей, характеризующихся перестроенными хромосомами во всех своих клетках, среди потомков тех растений, которые были выращены из старых семян и являлись в значительном числе своем хромосомными мутантами химерного строения (Навашин и Герасимова, 1935). В работах же Эвери и Блексли (1934 и 1936), Штуббе (1934—1935), Шкварникова (1936) мутации вообще учитывались только во втором поколении растений, происходящих из продолжительно хранившихся семян, которому они были переданы предыдущим поколением растений. В случае, например, с пшеницей (Шкварников, 1936) большинство мутаций относилось к типу хромосомных аберраций, часть которых на протяжении четырех поколений ничем не уступала по жизнеспособности нормальным растениям.

Из сказанного вытекает, что повышающаяся в огромной степени частота мутаций, в том числе и хромосомных аберраций, в результате продолжительного хранения семян имеет чрезвычайно существенное значение, так как они часто ведут к довольно значительному изменению биотипического состава потомства таких семян.

Подводя итог фактической стороне изложенных в этом разделе исследований, можно сказать следующее.

1. Большое повышение частоты мутаций в семенах в результате продолжительного их хранения установлено рядом исследователей для самых различных объектов, а именно: у разных видов *Crepis*, кукурузы, дурмана, львиного зева, ржи и пшеницы.

2. Продолжительное хранение семян обусловливает повышение частоты мутаций, относящихся как к типу хромосомных аберраций (Навашин, 1933; Пето, 1933; Картледж и Блэксли, 1934; Навашин и Герасимова, 1935; Шкварников, 1936), так и так называемых генных мутаций (Картледж и Блэксли, 1934; Эвери и Блэксли, 1934—1936; Штуббе, 1935; Шкварников, 1936).

3. Большая часть всех возникающих в семенах мутаций сохраняется в растениях в течение всей их индивидуальной жизни и передается последующему

поколению растений, в котором эти мутации впервые выявляются и составляют значительную долю примесей различных новых форм.

4. По жизнеспособности возникающие мутации оказываются самыми разнообразными. Среди них бывают как почти нежизнеспособные, отличающиеся пониженной жизнеспособностью и малоплодущие, так и совершенно не уступающие по жизнеспособности исходным формам. А среди последней группы встречаются как мутации, отличающиеся от исходной формы отрицательными, так и мутации, отличающиеся положительными изменениями.

Влияние температуры и влажности на развитие мутационной изменчивости в семенах в период хранения

Все исследователи, занимавшиеся изучением мутационного процесса в семенах, развивающегося в них в результате их продолжительного хранения, приходят к выводу, что этот процесс по всей вероятности связан с внутриклеточными изменениями биохимического порядка, обусловливаемыми жизнедеятельностью зародыша. Предположение о наличии такой зависимости между мутационной изменчивостью в семенах и процессами жизнедеятельности последних вызывало необходимость экспериментального исследования мутационной изменчивости в семенах при разных естественных и искусственно создаваемых внешних условиях, так как какой бы конкретный характер ни носили упомянутые процессы, они благодаря своей физиологической природе должны быть в сильной степени подвержены влияниям целого ряда факторов внешней среды. Подобные исследования необходимы для более глубокого изучения ближайших причин, повышающих интенсивность мутационного процесса, а также для выяснения ряда вопросов, чрезвычайно важных с практической точки зрения, и поэтому на их проведение нами сразу же было обращено внимание. При этом мы прежде всего обратились к изучению влияния на развитие мутационного процесса в семенах таких факторов, как температура, влажность (воздуха и самих семян) и аэрация, поскольку именно эти факторы играют существенную роль в жизнедеятельности семян и являются в то же время неотъемлемыми и очень изменчивыми элементами окружающих семена внешних условий. В настоящем разделе изложены результаты исследований, которые были посвящены изучению зависимости мутационного процесса от температуры и влажности.

Подобные исследования проводились автором этой статьи, а также сотрудником лаборатории Л. Я. Кирносовой, начиная с 1933 г. Объектом для изучения влияния указанных факторов на интенсивность мутационных изменений важнейших морфологических, биологических и хозяйственных признаков служили семена различных сортов пшеницы. Одновременно с этим велась также работа по изучению влияния тех же факторов на частоту и характер хромосомных аберраций, устанавливаемых с помощью микроскопа в первом же поколении растений. Для этих целей в качестве объекта использованы семена видов *Crepis*, являющиеся чрезвычайно удобными для микроскопических исследований.

В одном из первых наших опытов в этой области (Шкварников и Навашин, 1933, 1934) свежие семена *Cr. tectorum* хранились при температуре 54° С в течение 20, 40 и 44 дней. Всхожесть семян равнялась: после 20-дневного пребывания в термостате — 94%, после 40-дневного — 72% и после 44-дневного — 44%. Учет хромосомных мутаций был проведен на срезах с точек роста корешков, взятых как у молодых проростков (через несколько часов после прорастания семян), так и у взрослых растений (через 2 месяца после прорастания семян). В корешках молодых проростков наблюдались структурные хромосомные мутации всех типов, а именно: как относящиеся к категории приведенных в первом вертикальном ряду на фиг. 8, т. е. транслокации и инверсии, так и относящиеся к категории тех, которые приведены во втором вертикальном ряду на фиг. 8, т. е. фрагментации и т. п. В корешках же, взятых у взрослых растений, наблюдались только два типа хромосомных мутаций — транслокации и инверсии. Это вполне естественно, так как все прочие типы хромосомных перестроек, ведущие как раз к различным аномалиям в делении и жизни клеток, отсеиваются вследствие того, что несущие их клетки гибнут на самых ранних этапах развития проростков. Перечисленные типы хромосомных мутаций были обнаружены в результате цитологического исследования у 60% растений, полученных из семян, находившихся в термостате 20 дней. Растения же, полученные из

других порций семян, т. е. находившихся в термостате в течение 40 и 44 дней, микроскопически не были исследованы, так как они оказались уже нежизнеспособными (погибли вскоре после прорастания). Высокий процент нежизнеспособных растений, равный 68.1, был также и в первой порции, несмотря на то, что всхожесть семян здесь была нормальной.

Аналогичные же результаты влияния температуры на частоту хромосомных аберраций у ячменя были получены Пето (1933).

Последний помещал свежие семена ячменя в термостат при 40° С на 30 дней и при 95° С на 25 минут. При этом в термостате с 40° С воздух был увлажнен до полного насыщения. В первом опыте (действие температуры 40° С в течение 30 дней) для микроскопического исследования были взяты корешки только у взрослых растений, а во втором опыте они брались как у взрослых растений, так и тотчас же после прорастания. Результаты микроскопического анализа, проведенного Пето, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Влияние повышенной температуры на частоту хромосомных мутаций (аберраций) в семенах ячменя (Пето, 1933)

Температура воздуха в термостате	Продолжительность пребывания семян в термостате	Какой исследовался материал	Число исследованных растений	Число растений, содержавших в своих тканях хромосомные мутации	Процент мутантных растений
Контроль	—	Корешки, взятые на 30-й день после прорастания семян	12	0	0
95° С	25 мин.	Молодые зародышевые корешки	19	13	68
95° С	25 »	Корешки, взятые у растений 40-дневного возраста	20	4	20
40° С (в насыщенном парами воздухе)	30 дней	Молодые зародышевые корешки	3	3	100

Из табл. 6 видно, что при слишком высокой температуре интенсивность мутационного процесса в семенах ячменя сильно возрастала за очень короткий срок (25 минут). Далее, хромосомных аберраций обнаруживается больше на первых этапах развития растения, то есть в корешках, взятых сразу же после прорастания семян, чем в том случае, когда исследованию подвергались взрослые растения. Из этого следует, что значительная часть возникших в семенах хромосомных аберраций отсеивается в ходе индивидуального развития растения. Такая судьба постигает эту часть мутаций в значительной мере вследствие нежизнеспособности несущих их клеток, но то же самое происходит и с некоторой частью вполне жизнеспособных хромосомных мутаций, однако по другим уже причинам, связанным с механикой роста и дифференцировки тканей растения.

Что касается второго варианта опыта Пето (40° С в насыщенном влагой воздухе), то в данном случае получено было только три растения и все они оказались мутантными. Конечно, на таком числе исследованных растений нельзя делать каких-либо выводов. Ясно только, что интенсивность мутационного процесса в семенах и при этих условиях была очень повышенной.

Одновременно с указанным выше исследованием у *Crepis* нами было проведено несколько опытов по изучению влияния высоких температур на частоту мутаций в семенах у разных сортов пшеницы (Шкварников, 1936 и неопубликованные данные).

В этих опытах возникшие в семенах при тех или иных условиях мутации учитывались по проявляющимся во втором поколении растений видимым изменениям важнейших морфологических и хозяйственных признаков. Первый опыт был проведен с озимым сортом пшеницы Кооператорка 0194.

Свежие семена этого сорта помещались на разные сроки в термостаты, отрегулированные на разные температуры (от 30 до 60° С). Относительная влажность окружающего семена воздуха в этом опыте не регулировалась. Всхожесть семян в результате указанных воздействий была значительно сниженной, колеблясь от 92 до 42%, в зависимости от действовавшей на семена температуры и от продолжительности этого воздействия. В данном опыте во втором поколении растений большой процент мутаций был обнаружен в тех семьях, которые происходили

из семян, хранившихся при температуре 40 и 60° С. Общее число семей по обоим этим вариантам равнялось 163. Семьи, содержавшие мутантные растения, составляли, как видно из табл. 7, от 26 до 50%. Из этой же таблицы видно, что процент мутантных особей в общем числе растений, равном у данных вариантов 6793, был также сильно повышенным. Ряд возникших в данном случае мутаций не только не уступал по жизнеспособности исходной форме, но отличался даже от нее более выгодными признаками. Эти мутации размножены к настоящему времени в достаточном количестве и некоторые из них включены в сортоиспытание. Другие также вполне жизнеспособные мутации в хозяйственном отношении уступали исходной форме, а третьи представляли, безусловно, отрицательные изменения.

Таблица 7

Влияние повышенных температур на частоту мутаций в семенах пшеницы сорта Кооператорка (Шкварников, 1936)

Продолжительность пребывания семян в термостате, в днях	Температура воздуха в термостате и соответствующие проценты мутаций			
	40° С		60° С	
	процент семей, содержавших мутантные растения	процент мутантных особей в общем числе растений	процент семей, содержавших мутантные растения	процент мутантных особей в общем числе растений
16	—	—	50.0	5.2*
21	22.6	2.4	42.3	5.5
26	32.4	9.2*	42.8	7.6
31	38.2	6.8	Семена уже не взошли	

Изучение возникших в данном опыте мутаций в последующих поколениях показало, что некоторые из них имеют тенденцию к более частому спонтанному мутированию в том или ином направлении. Так, в одной из мутаций, отличавшейся прочной, толстой соломиной, в дальнейших поколениях спонтанно возникли сверхедные и узколистные формы. В потомстве другой мутации, характеризующейся узколистностью, возникли красноколосые формы, а в некоторых других — спельтоиды.

Другой опыт по изучению влияния повышенной температуры на частоту видимых мутаций, результаты которого еще не были опубликованы, проведен был с яровым сортом пшеницы Цезиум 0111. В отличие от предыдущего опыта здесь было подвергнуто обработке высокой температурой большое количество семян (по нескольку килограммов в каждом варианте опыта). Посев для выращивания растений как первого, так и второго поколений производился не по семьям,

Таблица 8

Повышение частоты мутаций в потомстве растений, происходящих из семян, подвергнутых влиянию высокой температуры. Потомство выращено при обычных, хозяйственных способах культуры (Шкварников. Неопубликованные данные)

Температура шкафа, в котором помещались семена	Процент мутаций во втором поколении, при экспозиции, в днях					
	10	20	25	40	48	50
45° С	—	—	1.37	2.18	2.74	2.94
55° С	1.35	2.28	1.82	1.91	3.44	3.61

* Эти цифры были уточнены при анализе последующих поколений.

а с общего мешка (по каждому варианту) и на больших площадях. Этим преследовалась цель проверить, насколько высокий процент возникших мутаций может выживать при обычных хозяйственных условиях культуры. При этом следует подчеркнуть, что в год выращивания растений первого поколения эти условия были очень неблагоприятны вследствие сильно засушливой весны.

Для учета мутаций во втором поколении с больших участков посева были взяты средние пробы. Результаты анализа этих проб приведены в табл. 8.

Фиг. 9. Озимая пшеница Кооператорка.
1 — мутант, отличающийся прочной соломинкой и большей мощностью всего растения; *2* — нормальный колос

Таким образом мы видим, что учтенный в данном опыте довольно грубым методом процент мутаций в некоторых случаях настолько высок, что далеко превышает допустимые нормы примесей в чистосортных семенных посевах. При этом необходимо отметить, что в хозяйственной обстановке семена нередко попадают в гораздо более жесткие условия, хотя и на более короткий срок, чем те, влиянию которых были подвергнуты семена в изложенном опыте. Это необходимо всегда помнить, так как все возможные последствия влияния таких условий обычно не учитываются, и семена считаются доброкачественными, если они еще сохраняют приличную всхожесть.

Ниже на фиг. 9—15 приведены некоторые мутации, возникшие в описанных выше опытах с пшеницей Кооператорка и Цезиум. Последующая экспериментальная работа, проводившаяся в Институте генетики, была посвящена исследованию мутационного процесса в семенах при точно контролируемых условиях как температуры, так и влажности. Так, например, Кирносовой был проведен ряд опытов с семенами *Crepis*, в которых она воздействовала на семена различными температурами при остававшейся постоянной во всех вариантах опыта относительной влажности воздуха, равной 60%. Результаты одного из этих опытов приведены в табл. 9.

Фиг. 10. Озимая пшеница Кооператорка. Красноколосые мутанты; слева — спельтоид; справа — нормальный тип колоса с очень длинным остевидным отростком на колосковой чешуе

Фиг. 11. Озимая пшеница Кооператорка. Мутанты типа скверхедов

Фиг. 12. Озимая пшеница Кооператорка. Два красноколосых мутанта, отличающихся между собой по колосковым чешуям

Фиг. 13. Озимая пшеница Кооператорка.
1 — совершенно бесплодный мутант; *2* — белоколосый спельтоид

Фиг. 14. Яровая пшеница Цезиум 0111.
1 — нормальный колос контрольного растения (характеризуется красной окраской колоса, иногда даже с черным пигментом, и очень длинным остевидным отростком на колосковой чешуе; *2* — белоколосый мутант, во всех остальных признаках не отличающийся от исходной формы

Таблица 9

Влияние различных температур при постоянной влажности воздуха на частоту хромосомных мутаций в семенах *Cr. tectorum* (Кирносова, 1936) *

Температура термостата, в котором находились семена, в °С	Влажность воздуха над семенами, в %	Экспозиция в днях	Всхожесть семян, в %	Процент жизнеспособн. растений	Число исследованных растений	Процент мутантных растений
35	60	8—10	84.5	65.8	111	4.5
40	60	8—10	86.5	72.6	121	7.4
45	60	8—10	76.5	56.4	85	14.9
50	60	8—10	64.5	62.5	80	5.0
55	60	8—10	80.5	54.8	89	7.2
Контроль	—	—	83.0	84.3	70	0

Из табл. 9 видно, что за указанный довольно короткий (по сравнению с предыдущими опытами) срок наблюдалось все же большое повышение процента хромосомных мутаций во всех вариантах опыта. Это объясняется тем, что в каждом из них была обеспечена довольно высокая влажность воздуха. При этом повышение температуры до 45° С вызывало также постепенное повышение и процента мутаций. При дальнейшем же повышении температуры процент мутаций снизился. Чем это было вызвано, пока не ясно. Однако в дальнейших опытах Кирносовой (данные еще не опубликованы), повторенных ею при тех же условиях температуры и влажности, соответствующие цифры изменялись более равномерно.

Параллельно с этим автором этой статьи был проведен ряд опытов по изучению развития мутационного процесса в семенах под влиянием повышенной

* В опубликованной работе Кирносовой приведенные в настоящей таблице данные представлены по двум срокам воздействия каждой температуры, а именно 10 и 8 дней. В виду большой близости этих сроков и отсутствия закономерной разницы между влияниями каждой температуры за тот и другой срок, мы сочли более удобным представить эти данные как среднее из двух определений.

Фиг. 15. Яровая пшеница Цезиум 0111.
1 — безостый мутант; *2* — спельтоид; *3* — совершенно бесплодный мутант

температуры при различных относительных влажностях воздуха. Эти исследования проводились как по линии изучения хромосомных мутаций (на семенах *Crepis*), так и по линии изучения видимых мутаций (на семенах пшеницы).

Сошлемся прежде всего на два исследования, результаты которых уже опубликованы. Одно из них проведено на семенах *Cr. tectorum*, подвергнутых действию температуры в 40° С при разных относительных влажностях воздуха, создававшихся с помощью растворов солей.

Для этой цели семена подвешивались в пространстве закрытых сосудов, в которые наливались растворы хлористого кальция разной концентрации, после чего эти сосуды помещались на определенный срок в термостат. Основные данные этого опыта приведены в табл. 10.

Таблица 10

Влияние повышенной температуры при разных относительных влажностях воздуха на частоту хромосомных мутаций в семенах *Cr. tectorum* (Шкварников, 1936)

Температура воздуха в термостате, в °С	Концентрация раствора $CaCl_2$, над которым находились семена, в %	Экспозиция, в днях	Число исследованных растений	Процент мутантных растений
40	90	10—12	89	4.49
40	60	10—12	69	7.24
40	В насыщенном парами воздухе	4— 5	55	9.09
Контроль		—	100	0.0

Из табл. 10 видно, что при температуре 40° С мутационный процесс в семенах развивался тем интенсивнее, чем выше была влажность окружающего воздуха. В наиболее сухом воздухе (над концентрацией раствора 90%) частота мутаций достигла наименьшего уровня (4.49%);

в более влажном воздухе за этот же период она достигла более высокого уровня, а в насыщенном парами воздухе частота мутаций была самая высокая.

Эта закономерность в развитии мутационного процесса в семенах при изменении влажности воздуха еще более наглядно видна из данных, полученных в опыте, проведенном на семенах *Cr. capillaris* (табл. 11).

Таблица 11

Влияние повышенной температуры при разной влажности воздуха на частоту хромосомных мутаций в семенах *Cr. capillaris* (Шкварников, 1936)

Температура воздуха в термостате, в °С	Относит. влажность воздуха, в %	Экспозиция, в днях	Всхожесть семян, в %	Процент жизнеспособных растений	Число исследованных растений	Процент мутантных растений
Контроль	—	—	98.0	99.0	75	0
45	60	5	84.0	—	80	2.5
45	80	6	16.0	68.7	44	11.3
45	20	10	91.2	98.6	101	0
45	40	10	88.0	98.5	100	3.0
45	60	10	—	—	89	11.2
45	80	10	9.0	88.8	26	15.8
45	20	20	77.5	93.5	100	13.0
45	40	18	41.7	32.9	50	36.0
45	60	20	50.7	—	38	43.1

В данном случае семена подвергались действию температуры в 45° С при совершенно точно дозированной относительной влажности воздуха (что достигалось с помощью специального прибора). Последняя изменялась в данном опыте от 20 до 80%. Мутационный процесс в семенах при этом развивался следующим образом: за 5 дней частота мутаций поднялась при 60% влажности воздуха до 2.5%, а при 80% — до 11.3%; за 10 дней при 40% влажности воздуха частота мутаций поднялась до 3.0%, при 60%—до 11,2%, при 80% — до 15.3%; наконец, за 18—20 дней частота мутаций поднялась при 20% влажности до 13.0%, при 40%— до 36.0% и при 60% — до 42.1%.

Из табл. 10 и 11 видно, что интенсивному развитию мутационного процесса в семенах благоприятствуют как высокая температура, так и повышенное содержание влаги в воздухе. При этом оба эти фактора вызывают тем большее развитие мутационного процесса, чем продолжительнее они действуют на семена. Необходимо еще отметить, что и в этих опытах мы имеем повышение интенсивности мутационного процесса не пропорциональное ни повышению влажности, ни удлинению срока действия высокой температуры и влажности. Например, при температуре 45° С и влажности воздуха 40% (табл. 11) процент мутаций поднимается в течение 10 дней до 3.0. При дальнейшем повышении влажности в 1.5 раза (до 60%) процент мутаций за тот же срок увеличивается приблизительно в 4 раза (до 11.2%), а при повышении влажности в 2 раза (до 80%) процент мутаций повышался в 5 раз. То же самое мы увидим, если проанализируем повышение частоты мутаций в зависимости от удлинения срока действия температуры и влажности на семена.

В последнее время нами проведено несколько серий опытов на семенах пшеницы и *Crepis*, часть которых посвящена повторному изучению развития мутационного процесса в семенах под влиянием различных температур и различных влажностей воздуха. Результаты этих опытов (еще неопубликованные) представляют интерес для сравнения с данными только что изложенного опыта на семенах *Cr. capillaris*. Как в том, так и в этом случае опыты проведены по совершенно одинаковой методике и частично на одном и том же материале (семена *Cr. capillaris*), но с одной существенной разницей в условиях обработки семян.

а именно: в последних опытах в сосуды с различной влажностью воздуха всыпались семена пшеницы и *Cr. capillaris* не раздельно, а вместе, что весьма чувствительно сказалось на закономерностях развития мутационного процесса у *Cr. capillaris*. Обратимся прежде всего к данным о влиянии различных температур и разных влажностей воздуха на развитие мутационного процесса в семенах пшеницы (табл. 12), но при этом напомним, что в сосудах с семенами не было свободной циркуляции воздуха. Как прежде, так и в этом случае через сосуды с семенами, перед тем как поместить их в термостат, в течение определенного времени пропускался воздух нужной влажности, после чего они закупоривались и переносились в термостат.

Таблица 12

Влияние различных температур и разной влажности воздуха на развитие мутационного процесса в семенах пшеницы. Сорт — яровая пшеница Гарнет (Шкварников, неопубликованные данные)

Вариант опыта	Условия опыта		Процент семей, обнаруживших мутации		Общее число мутантных особей		Примечание
	температура воздуха, в °С	влажность воздуха, в %	после 20 дн. продолж. опыта	после 30 дн. продолж. опыта	после 20 дн. продолж. опыта	после 30 дн. продолж. опыта	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	20	40	15.3	21.6	101	159	Общее число проанализированных (по всем вариантам) семей равно 1781
2	25	40	21.3	25.4	137	82	
3	30	40	26.3	32.9	109	215	
4	35	40	33.0	39.1	358	522	
5	40	40	46.3	49.4	475	355	
6	45	40	53.6	56.0	245	165	
7	50	40	40.0	—	41	—	
1	2	3	4	5	6	7	8
8	40	20	27.1	31.1	228	—	
9	40	40	46.3	49.4	475	355	
9	40	60	37.9	—	275	—	
10	40	80	41.0	38.7	112	140	
11	40	100	31.7	31.7	67	112	
12	Контроль		2.2		9		

Итак, из табл. 12 видно, что при повышении температуры окружающего воздуха интенсивность мутационного процесса в семенах также вполне закономерно повышается, что выражается в неуклонном повышении процента обнаруживших мутации семей во втором поколении. Что же касается развития мутационного процесса при постоянной температуре и меняющейся влажности воздуха, то в данном случае хотя и имеет место, в общем, повышение его интенсивности при увеличении влажности, все же это повышение не является столь равномерным, как это было в предыдущем случае у *Cr. capillaris* (табл. 11). Это объясняется тем, что за время пропускания воздуха определенной влажности через сосуды с семенами перед началом опыта семена пшеницы, вероятно, не всегда успевали увлажниться до такой степени, которая возможна была при данной влажности воздуха. Благодаря этому, находясь уже в термостате, семена в некоторых случаях продолжали еще поглощать влагу из воздуха. А поскольку количество поглощаемой семенами влаги зависело не только от относительной влажности воздуха, но и от массы семян, которая в данном случае могла значи-

тельно разниться в разных сосудах, несмотря на одинаковые числа семян (благодаря крупным размерам и значительной изменчивости величины отдельных зерен), то по прошествии некоторого времени в сосудах могли установиться такие относительные влажности воздуха, между которыми могло и не быть столь правильных различий, какие были в начале опыта. При отсутствии же постоянных правильных различий во влажности воздуха нет оснований ожидать и сколько-нибудь строгой правильности в изменении частоты мутаций. Поэтому становится ясным, что для избежания подобных неточностей в дальнейшем при постановке аналогичных опытов с крупносемянными культурами необходимо либо чрезвычайно продолжительное пропускание воздуха определенной влажности через сосуды перед помещением их в термостат, либо применение другой методики регулирования влажности, что, пожалуй, будет более правильным.

Указанное выше обстоятельство имело еще большее значение для развития мутационного процесса в семенах *Cr. capillaris*. Здесь, как показывают приводимые ниже данные, по отдельным порциям семян, лежавшим в разных сосудах, частота мутаций стоит фактически на одном уровне, как будто эти семена находились не только в условиях одинаковой температуры, но и в условиях одинаковой влажности (табл. 13).

Таблица 13

Влияние температуры и влажности на частоту хромосомных мутаций в *Cr. capillaris* (Шкварников, неопубликованные данные)

Вариант опыта	Условия опыта		Продолжительность опыта	Число исследованных растений	Процент мутантных растений
	температура воздуха, в °С	влажность воздуха*, в %			
5	40	40	30	64	10,9
10	40	80	20	142	12,6
10	40	80	30	109	12,7
11	40	100	20	115	11,3

Следовательно, данные по развитию мутационного процесса в семенах, приведенные в табл. 12 (по пшенице) и 13 (по *Crepis*) при сравнении их с данными, приведенными в табл. 11, наглядно иллюстрируют то, как чувствительно сказывается на развитии мутационного процесса в семенах даже незначительное изменение влажности воздуха и влажности самих семян. Это высоко чувствительное влияние изменения влажности на развитие мутационного процесса является чрезвычайно важным с практической точки зрения.

Многообразие характера мутаций, появившихся у пшеницы во втором поколении растений, очень велико. Они отличались как по морфологическим признакам колоса и других частей растения, так и по ряду свойств, имеющих важное хозяйственное значение.

На фиг. 18—23 приведены некоторые из возникших мутаций, отличающихся только по признакам колоса. Некоторые из этих мутаций, относясь к какому-нибудь определенному типу, скажем, к сверхедам или компактным, отличаются в то же время между собой по ряду других признаков (величина колоса, характер чешуй, высота растения, качество зерна, прочность соломины и др.). То же самое наблюдалось и у остальных мутантных форм. Несколько новых мутантных форм, безусловно, отличаются рядом более ценных признаков, чем исходная форма, и заслуживают быть размноженными для дальнейшего их испытания. Далее необходимо отметить, что новые мутантные формы в некоторых вариантах опыта были столь разнообразны и многочисленны, что если бы их не выделять, а собрать урожай со всех семей вместе и проводить дальнейшее размножение этого материала, то мы, безусловно, имели бы в результате очень сложную популяцию.

* Объяснения относительно влажности воздуха в данном опыте см. в тексте

Фиг. 16. Озимая пшеница Кооператорка.
Слева тетерозиготный хлорофилльный мутант (в гомозиготном состоянии не выживает); справа — нормальный выщепенец из этого мутанта

Еще в 1936 г. Картледж, Бартон и Блэксли были также опубликованы данные о положительном влиянии высокой температуры на мутационную изменчивость в семенах *Datura*.

Авторы подвергли семена действию высоких температур, изменяющихся в пределах от 45 до 80° С. Каждое воздействие производилось на семена различной влажности, колебавшейся от 2 до 15%. Воздействия продолжались от 2 до 48 часов. Данные этих авторов сводятся к следующему: энергия прорастания во всех порциях семян, подвергнутых тому или иному воздействию, была заметно сниженной по сравнению с контролем. С повышением температуры воздуха и влажности семян, а также с повышением продолжительности воздействия, увеличивался также промежуток времени между посевом и началом прорастания семян. Наилучшая всхожесть семян отмечена в двух случаях: в семенах 5% влажности, обработанных в одном случае температурой 80° С в течение 24 часов, а в другом — температурой 75° С в течение 36 часов. Среди 8740 растений, происшедших из этих семян, авторы обнаружили 93 мутации, обусловливавшие абортивность пыльцы. Среди 920 растений контроля мутаций не обнаружено вовсе.

При воздействии на семена в течение того же времени температурами ниже 70° С достоверного повышения мутаций не получено. Наиболее частый процент мутаций, наблюдавшийся в семенах 5% влажности, подвергнутых воздействиям температуры 75 и 80° С, равен 5.

Фиг. 17. Озимая пшеница Кооператорка.
Листья сестринских растений, происходящих от хлорофиллного мутанта (фиг. 16): два левых — с нормального растения; два правых — с мутантного растения

Основной вывод, который делают авторы на основании этого исследования, сводится к тому, что частота мутаций в семенах увеличивается при повышении температуры окружающего воздуха, при повышении содержания влаги в семенах, а также при удлинении срока воздействия температуры или влажности. Следовательно, и в этом случае авторами установлены такие же закономерности в развитии мутационной изменчивости в семенах под влиянием внешних факторов, как и в других изложенных выше опытах.

Результаты всех исследований, изложенных в предыдущем и особенно в настоящем разделе, убеждают нас в том, что, во-первых, наследственная изменчивость семян в период хранения является чрезвычайно лабильным процессом, меняющимся в широких пределах в зависимости от условий, в которые попадают семена, и от состояния самих семян. Во-вторых, этот процесс, будучи легко изменяем различными внешними воздействиями на семена, может в хозяйственной обстановке очень часто получать толчок к интенсивному развитию и тем самым обусловливать ускоренное перерождение сортовых семян или во всяком случае значительное засорение их возникающими новыми формами (мутациями). Поэтому для семеновода, желающего поддержать в хозяйстве чистоту сортовых посевов на наиболее высоком уровне, необходимо знать, какими мерами и при каких условиях он может добиться максимального сужения и замедления этого про-

Фиг. 18. Яровая пшеница Гарнет.

1 и *2* — колосья контрольного растения; *3* — мелкоколосый мутант (колос очень заостренный); *4* и *5* — мелкоколосые полусверхедные мутанты

Фиг. 19. Яровая пшеница Гарнет.

1 и *2* — сверхеды почти полуостистые; *3* и *4* — удлиненные рыхлые колосья; *5* и *6* — спельтоиды

Фиг. 20. Яровая пшеница Гарнет.

1 — мощный мутант, отличающийся крупным, плотным, почти полусверхедным колосом; *2* — сверхед; *3* и *4* — сверхеды более рыхлые; *5* и *6* — сверхеды крупноколосые, совсем безостые, рыхлые внизу

цесса в семенах (полностью свести его на-нет, конечно, невозможно). При этом мы не говорим, конечно, о ряде мер по охране сорта от перерождения, происходящего за счет других причин (механическое засорение, перекрест с другими сортами и пр.).

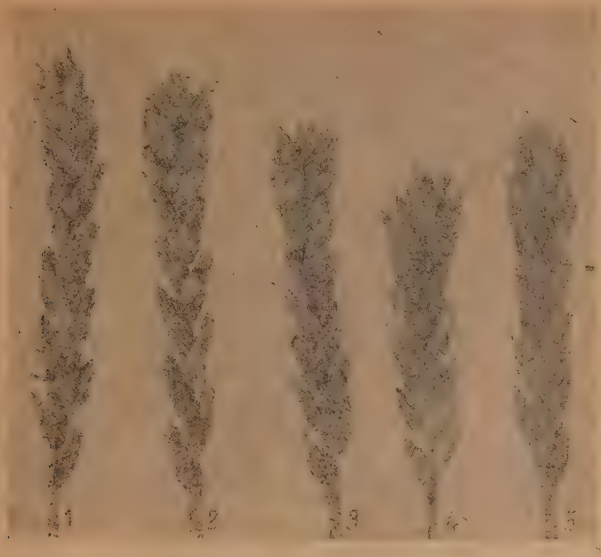
В связи с изложенным выше о развитии мутационного процесса в семенах, необходимо было тщательно проконтролировать течение этого процесса при разных состояниях семян, в различных условиях и при разных производственных процессах в самом производстве, чтобы в результате получить возможность выработать практические действенные меры регулирования изменчивости семян в период их хранения.

Поэтому подобные исследования мутационного процесса в семенах в производственных условиях (исследование его в различных условиях хранения, при разных приемах подготовки семян к хранению и пр.) нами были включены в свой план работы. В 1938 г. были проведены первые пока опыты по изучению влияния на данный процесс различных режимов искусственной термической сушки зерна, составлявшие часть коллективной работы ряда институтов в данной области.

Опыты были проведены на семенах яровой пшеницы Цезиум 0111 и двух сортов озимой пшеницы—Украинки и Госцианум. Сушке подвергались свежеубранные комбайном семена различной влажности. Яровая пшеница в Омской области сушилась на экспериментальной шахтной сушилке Всесоюзного института механизации и электрификации сельского хозяйства, а озимая пшеница в Днепропетровской области — на электросушилке-дезинсекторе Днепропетровского филиала Всесоюзного института механизации и электрификации сельского хозяйства.

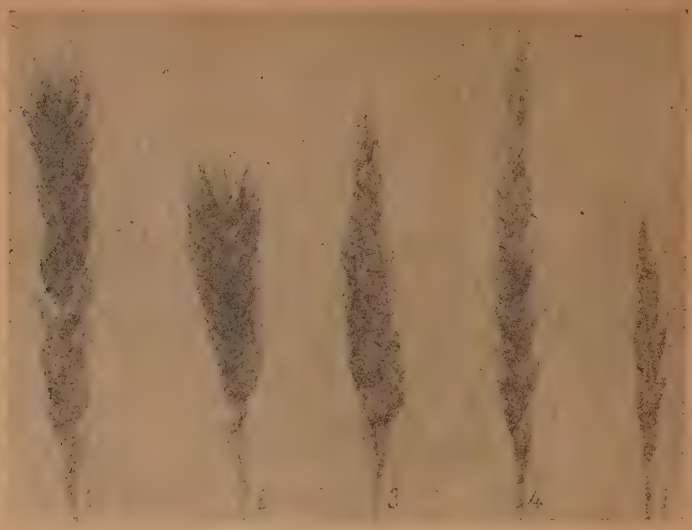
Шахтная сушилка работает на использовании смеси топочных газов с воздухом. В опытах, проведенных на этой сушилке, были приняты для испытания следующие режимы сушки: сушка в течение двух часов при температуре теплоносителя 70, 80, 90 и 100° С; семена при этих режимах нагревались в среднем от 36.9 до 50.15° С.

В электросушилке-дезинсекторе используются в качестве теплоносителя инфракрасные лучи. Сушка на этой машине производится путем пропускания семян через камеру облучения.



Фиг. 21. Яровая пшеница Гарнет.
1 — плотная верхушка колоса; *2*, *3*, *4* и *5* — различные типы сверхедов

Фиг. 22. Яровая пшеница Гарнет.
1 и *2* — мутант крупноплотноколосый, полусверхедный; *3* и *4* — мутант, характеризующийся плотным заостренным колосом; *5* и *6* — мутанты компактные



Фиг. 23. Яровая пшеница Гарнет.

1 — плотный полускверхедный колос; *2* — компактный колос; *3* — остроконечный (конусовидный) колос; *4* — частично бесплодный колос; *5* — частично бесплодный колос с карликового растения

Таблица 14

Влияние различных режимов термической сушки семян в сушилке шахтного типа на частоту хромосомных мутаций в семенах. Семена яровой пшеницы Цезиум 0111 (Шкварников, неопубликованные данные)

№ пробы	Влажность семян до сушки, в %	Температура теплоносителя, в °С	Температура нагрева семян	Влажность семян после сушки, в %	Всхожесть, в %		Энергия прорастания	Процент проростков с ненормальностями ядерных делений
					нормально проросшие	уроды		
Контр.	19.1	Высушен. на воздухе		—	94.0	—	93.0	—
4	19.7	70	36 — 39.5	13.9	92.0	4.0	96	—
13	19.4	70	36.5 — 41.0	16.2	87.5		86	—
1	19.1	80	37.5	16.2	94.5	3.0	97	—
7	19.9	80	42.4 — 46.8	13.9	94.5	2.0	88	2.0
8	19.7	80	42.3 — 47.2	14.5	93.0	4.5	92	—
14	19.6	80	38.7 — 45.5	14.3	92.0	3.0	93	—
9	19.2	90	43.0 — 48.0	15.2	98.0		97	6.6
10	19.2	90	45.6 — 50.6	17.1	83.0	5.5	83	6.0
11	19.2	100	45.8 — 54.5	13.4	85.0	6.0	83	12.9
12	19.4	100	45.1 — 54.3	14.4	93.0		86	9.1
5	20.8	70	36.4 — 37.5	17.0	93.0	2.5	94	—
6	20.6	70	40.0 — 44.7	14.4	89.5	3.0	92	—
2	22.9	90	46.0	15.5	89.5		88	8.3
3	21.9	100	48.9	16.5	81.5	6.0	81	12.5
15 *	—	—	—	—	36.5	5.5	—	38.2

* Данная проба семян была взята из партии урожая 1937 г., которая в период хранения увлажнялась и в ней дважды начиналось самосогревание, прекращавшееся перелопачиванием и один раз пропуском через зерносушилку ВИСХОМ.

в которой они за время прохождения нагреваются до определенной температуры. Время прохождения семян через камеру всегда равнялось одной минуте. Нагрев зерна регулировался изменением количества проходящего через камеру зерна в единицу времени. Для испытания были взяты три режима работы этой машины: первый режим, дающий нагрев семян до 50° С, второй — до 55° С и третий — до 60° С. При сушке очень влажных семян облучение приходилось несколько раз повторять с перерывами в несколько часов после каждого облучения. Испытывалось также облучение и сухих семян с влажностью от 9 до 12%.

Взятые для исследования, после всех режимов сушки, пробы семян будут использованы для выращивания из них второго поколения растений, анализ которого будет являться основным критерием для оценки изучаемых режимов сушки в отношении их влияния на частоту мутаций в семенах.

Однако с целью более быстрой ориентировочной разведки семена этих же проб были подвергнуты цитологическому исследованию на предмет нахождения в них хромосомных мутаций, причем в данном случае учитываемой могла быть только часть возникших хромосомных мутаций, именно та, которая относится к категории изменений, приведенных на фиг. 8 во втором вертикальном ряду, и которая вызывает целый ряд аномалий в делении клеточного ядра (4-й вертикальный ряд на той же фигуре). По этим аномалиям и проводилось определение частоты возникновения хромосомных мутаций, которое являлось, конечно, очень приблизительным, но с этим приходилось мириться, так как непосредственное установление хромосомных перестроек у пшеницы почти невозможно из-за большого числа (42) и не отличаемых по форме хромосом. Поскольку учитываться могла только указанная категория изменений (нежизнеспособных), то материал для исследования (корешки и перышки) фиксировался немедленно же после прорастания семян.

Из табл. 14 видно, что после сушки при температуре теплоносителя в 70 и 80° С не было установлено проростков с наличием у них упомянутых выше ненормальностей в ходе ядерных делений за исключением одного случая (7-я проба), где у незначительного процента проростков такие ненормальности были обнаружены в единичных клетках. Что же касается сушки при температуре теплоносителя 90 и в особенности 100° С, то в этих случаях указанные ненормальности были констатированы у значительного процента проростков (от 6 до 12.9%). Заметно ниже в этих случаях была также всхожесть и энергия прорастания семян.

Очень большой интерес представляют данные о 15-й пробе, отобранной из партии семян урожая 1937 г., которые во время хранения увлажнялись и начинали дважды согреваться. Согревание прекращалось перелопачиванием и один раз пропуском через зерносушилку ВИСХОМ. В этой пробе, имевшей также очень низкую всхожесть, многочисленные ненормальности в делении ядер были обнаружены у очень большого процента проростков (38.2%). Такие семена уже по одной причине — ничтожной всхожести — не могут быть посевными, но для нас в данном случае очень высокий процент ненормальностей в семенах этой пробы интересен потому, что он показывает, насколько важную роль для развития мутационного процесса в семени играют те биохимические процессы в них, которые предшествуют началу самосогревания семян и сопровождают последнее.

Из табл. 15 видно, что однократные облучения сухих семян, а также семян с влажностью 17.9% при указанных трех режимах работы электросушилки, не вызывают никаких аномалий в клетках зародыша, а также и снижения всхожести семян. Это очень важно потому, что подобные облучения не слишком влажных и даже совсем сухих семян в целях борьбы с клещом, возможно, вовсе не будут иметь вредных последствий в отношении чистосортности потомства этих семян. Что же касается облучения очень влажных семян, то в этих случаях всегда наблюдался небольшой процент проростков с указанными ненормальностями. Это говорит о том, что условия камеры облучения для очень влажных семян являются слишком жесткими. Они поэтому могут иметь ряд нежелательных последствий, в особенности при незначительных даже неточностях работы машины и прочих случайностях, которые при чрезвычайной краткости допустимой экспозиции облучения, безусловно, должны сказываться весьма чувствительно. Поэтому облучение очень влажных семян при условиях, аналогичных тем, которые имели место в испытывавшемся аппарате, без дальнейшего тщательного изучения не могут быть признаны безопасными для сохранения чистосортности.

Подводя итог всему данному разделу, мы можем сказать:

1. Все изложенные в нем данные различных опытов очень наглядно показали, какое чрезвычайно важное значение для развития мутационного процесса

Таблица 15

Влияние нагрева семян инфракрасными лучами на частоту хромосомных мутаций в проростках (Шкварников, неопубликованные данные)

Название сорта	Начальная влажность семян, в %	Число облучений	Нагрев семян во время облучения, в °С	Влажность семян после облучения	Всхожесть семян, в %		Энергия прорастания	Процент проростков с ненормальностями ядерного деления
					нормально проросшие	уродцы		
Озимая пшеница Украинка	Контроль (созревш. на корню)				98.0	—	98.0	—
	24.7	1	55	21.7	84.5	—	71	—
	24.7	2	55	20.5	80.5	2.5	45	2.5
	24.7	3	55	18.8	68.0	5.5	72	4.4
	24.7	4	54 — 56.5	16.9	68.5	9.0	52	6.5
	25.5	1	50 — 52	23.1	84.5	6.0	77	3.3
	25.2	4	50 — 52	17.0	74.5	6.0	68	4.0
	17.9	1	60 — 62	15.8	91.0	—	78	—
	17.9	1	55 — 56	16.5	84.5	—	93	—
	17.9	1	56 — 56	16.7	95.5	—	88	—
	9.4	1	50 — 51	8.8	98.5	0.5	97	—
	—	1	56 — 57	8.8	99.0	0.5	95	—
	Убран при влажности 24.7% и высушен на воздухе		—	—	86.5	20	81	1.5
Озимая пшеница Гостианум	11.2	(без облучения)			98.5	—	95	—
	11.2	1	50 — 51	10.2	98.5	—	98	—
	11.2	1	55 — 56	9.7	100	—	95	—
	11.5	1	59.5	9.1	99.5	—	94	—

в семенах имеют температура и влажность окружающего воздуха. В достаточно теплом воздухе даже незначительные изменения влажности отражаются на интенсивности мутационного процесса в семенах весьма чувствительно.

2. Чрезвычайно опасными, способствующими нежелательному усилению мутационной изменчивости семян являются все те обстоятельства, которые вызывают в семенах интенсивные биохимические и физиологические процессы и способствуют самосогреванию семян. Таковы, например, высокая влажность семян в момент уборки, незаконченное созревание семян, вторичное увлажнение их в период хранения и т. п. При некоторых условиях активно идущие биохимические процессы в семенах не обязательно будут сопровождаться заметным согреванием семян (медленная сушка, например, влажных семян, рассыпанных нетолстым слоем), но влияние их на мутационный процесс принципиально будет таким же.

3. Термическая сушка семян при не очень жестких режимах, как показывают предварительные и приблизительные данные, не вызывает заметного повышения мутационной изменчивости семян против нормы. Предел допустимого, без вреда для сохранения чистосортности, нагрева семян при термических сушках, повидимому, должен быть между 40 и 45° С. Применение же более жестких режимов для сушки семенного материала по этим данным является опасным.

4. И наконец, очень важным, но с другой точки зрения, обстоятельством является то, что во всех изложенных опытах с пшеницей, проведенных на семенах ряда стандартных сортов, установлена следующая характерная осо-

бенность. Она заключается в том, что во всех случаях среди значительного разнообразия возникающих новых форм всегда появлялось то или иное число таких, которые обладают и некоторыми более выгодными признаками, чем исходная форма. Это обстоятельство важно в том отношении, что оно свидетельствует о сравнительно легкой возможности довольно простыми способами изменять любой хороший стандарт в лучшую (в ряде отношений) сторону по сравнению с исходной ступенью. Поэтому использование этой возможности в селекционной практике, безусловно, должно найти более широкое применение.

Влияние аэрации на развитие мутационной изменчивости в семенах в период хранения

Необходимость исследования характера развития мутационной изменчивости в семенах в зависимости от влияния важнейших факторов внешней среды диктовалась тем, что уже из первых работ, посвященных вопросу о мутациях в семенах, выявлялась тесная связь мутационной изменчивости с протекающими в семенах биохимическими и физиологическими процессами, течение которых не может не зависеть от внешних условий.

В предыдущей главе изложены результаты опытов по изучению зависимости частоты мутаций в семенах от температуры и влажности воздуха. Но, помимо температуры и влажности, огромное значение для процессов жизнедеятельности семян имеет степень их аэрации. Поэтому влияние этого фактора на развитие мутационной изменчивости в семенах также может быть очень значительным, и мимо его исследования нельзя было пройти. Выяснению этого влияния было посвящено несколько опытов автора этой статьи. Последние заключались в том, что семена помещались для хранения в течение определенных сроков в сосуды, наполненные воздухом с повышенным и пониженным содержанием кислорода, а также в сосуды, наполненные только кислородом и только азотом. Материалом для опытов служили семена пшеницы и *Crepis*. В первом случае учитывались, после указанного способа хранения семян, видимые наследственные изменения во втором поколении растений, а во втором случае — хромосомные аберрации, устанавливаемые в первом же поколении растений микроскопическим путем. Впервые данные о значительном изменении частоты хромосомных мутаций в семенах *Crepis tectorum* в зависимости от содержания кислорода в окружающем семена воздухе были получены еще в 1934 г. (Шкварников, 1935). Более полные данные этого опыта показывают, что интенсивность мутационного процесса значительно усиливалась как при увеличении содержания кислорода в окружавшем семена воздухе, так и при резком его уменьшении (табл. 16). Так, при увеличении

Таблица 16

Зависимость между частотой хромосомных мутаций в семенах *Cr. tectorum* и газовым составом окружающего семена воздуха (Шкварников, неопубликованные данные)

Процентное содержание кислорода в сосудах с семенами	Экспозиция	Число исследований растений	Число мутантных растений	Процент мутантных растений	Примечание
100	20 дн.	50	13	26.0	Температура воздуха во всех вариантах равнялась 20° С, а влажность воздуха — 40%
73.6	42.0 „	50	5	10	
40.7	4 мес.	20	1	5	
20.9 (контроль)	—	50	0	0	
5	20 дн.	53	6	11.3	
0 (чист. азот)	20 „	44	7	15.9	

содержания кислорода приблизительно в два раза (до 40.7%) частота хромосомных мутаций в семенах поднялась за 4 месяца до 5%. При содержании кислорода, увеличенном в 3.5 раза (73.6%), частота мутаций поднялась за 42 дня до 10%,

а после хранения семян в течение 20 дней в атмосфере чистого кислорода частота мутаций была равна уже 26%. Повышение частоты мутаций в семенах имеет место и после хранения семян при резко пониженном содержании кислорода воздуха, а также при хранении в атмосфере чистого азота. При понижении содержания кислорода в воздухе до 5% частота мутаций в семенах поднялась за 20 дней до 11.3%, а при хранении семян в чистом азоте частота мутаций достигла за тот же срок 15.9%. Напомним при этом, что частота так называемых спонтанно возникающих хромосомных мутаций у данного вида равна 0.01%.

Интересно, что всхожесть семян в результате хранения их при повышенном и при пониженном содержании кислорода в воздухе хотя и снижалась по сравнению с контролем, но не настолько, чтобы можно было говорить о резко выраженном губительном действии данных условий. Лишь после очень продолжительного хранения семян при значительно повышенном или пониженном содержании кислорода в воздухе они теряли всхожесть полностью.

Влиянием различных газов на развитие мутационного процесса в семенах интересовались также Картледж, Бартон и Блэксли (1936). Они помещали семена *Datura* на 12 часов в атмосферу чистого кислорода, чистого азота и в атмосферу углекислого газа, после чего определяли частоту мутаций среди выращенных из данных семян растений. Среди растений, выращенных из семян, хранившихся в атмосфере кислорода и в атмосфере азота, указанные авторы никаких мутаций не обнаружили, в то время как среди растений, полученных из семян, хранившихся в атмосфере углекислого газа, было установлено 0.8% мутаций. То, что указанные авторы не установили каких-либо изменений в интенсивности мутационного процесса в семенах после их хранения в кислороде и в азоте, объясняется тем, что в их опыте семена находились под влиянием этих газов очень непродолжительное время.

В 1937 г. нами были повторены опыты изучения развития мутационного процесса в семенах, в зависимости от газового состава окружающего воздуха. Эти опыты были проведены на семенах *Cr. capillaris* и пшеницы по той же схеме, что и вышеизложенный опыт с семенами *Cr. tectorum*. Семена *Cr. capillaris* и пшеницы, как и в одном из опытов, упомянутых в предыдущем разделе, помещались в сосуды с разным парциальным давлением кислорода не раздельно, а в смеси. У *Cr. capillaris* учитывались хромосомные мутации (в первом поколении растений), а у пшеницы — все видимые наследственные изменения (во втором поколении растений). В табл. 17 и 18 мы приводим основные данные этих опытов.

Табл. 17 показывает, что мутационный процесс в семенах *Cr. capillaris* усиливался как в условиях повышенного содержания кислорода в воздухе и в чистой кислородной среде, так и в бедной кислородом или совсем бескислородной среде. Однако в данном случае частота мутаций в процентном отношении была несколько меньшей, чем при тех же условиях в изложенном выше опыте с семенами *Cr. tectorum*. Это объясняется, во-первых, тем, что *Cr. capillaris* при одних и тех же условиях отличается вообще меньшим коэффициентом изменчивости хромосом, чем *Cr. tectorum*. Во-вторых, по некоторым вариантам могло иметь также значение и то, что в опытных сосудах находились семена *Crepis* и семена

Таблица 17

Зависимость между частотой хромосомных мутаций в семенах *Cr. capillaris* и газовым ставом окружающего воздуха (Шкварников, неопубликованные данные)

Процентное содержание кислорода в сосудах с семенами	Экспозиция, в днях	Число исследованных растений	Число мутантных растений	Процент мутантных растений	Примечание
100 (чистый кислород)	30	198	10	5.1	Температура воздуха во всех вариантах опыта равнялась 20° С, а влажность воздуха — 40%
80	30	200	5	2.5	
60.3	30	220	6	2.7	
40.0	30	200	3	1.5	
20.9 (контроль)	—	200	0	0	
5	30	98	2	2.4	
0 (чистый азот)	30	230	12	5.2	

пшеницы вместе, благодаря чему в данном случае на единицу объема сосуда приходилась масса семян, в десятки раз большая, чем в предыдущем опыте.

Данные табл. 16 и 17 совершенно сходны. Они свидетельствуют о том, что как избыток, так и резкий недостаток кислорода в окружающем семена воздухе в период хранения семян являются факторами, также очень стимулирующими мутационную изменчивость в семенах. Об этом же свидетельствуют данные табл. 18.

Наиболее важное практическое значение имеет факт повышения интенсивности мутационного процесса в семенах при резком недостатке или полном отсутствии кислорода, поскольку условия, характеризующиеся резким недостатком кислорода, могут создаваться для семян как в хозяйственной обстановке, так и в природе. Подобные условия могут создаваться, например, в больших кучах интенсивно дышащих семян, в глубоких слоях почвы и в других случаях.

Что же касается усиления мутационной изменчивости семян под влиянием повышенного содержания кислорода в воздухе, то этот факт имеет меньшее значение для практики семеноводства, так как ни в хозяйственной обстановке, ни в природе не может быть заметных сдвигов в содержании кислорода в воздухе в сторону его повышения.

Таблица 18

Изменение частоты мутаций в семенах яровой пшеницы Гарнет в зависимости от содержания кислорода в воздухе (Шкварников, неопубликованные данные)

Процент содержания кислорода в окружающем семена воздухе	Температура воздуха, в °С	Влажность воздуха, в %	Процент семей во 2-м поколении, содержавших мутантные растения	
			после 20 дней опыта	после 30 дней опыта
40.7	20	40	18.6	21.6
60.3	20	40	28.2	28.0
80.2	20	40	32.3	36.0
100	20	40	32.1	32.1
Контроль	20	40	2.2	

Возможно, однако, что факт влияния повышенного содержания кислорода в воздухе на развитие мутационной изменчивости как в семенах, так и в других органах растения, после надлежащего изучения, приобретет известное значение в деле искусственного получения мутаций для селекционных целей.

Итак, подводя итог, можно констатировать следующее:

1. Развитие мутационной изменчивости в семенах очень меняется в зависимости от того или иного содержания кислорода в пронизывающем семена воздухе.

2. Изменение интенсивности мутационного процесса в семенах идет в сторону его усиления как при повышении, так и при понижении содержания кислорода в воздухе.

3. При этом процесс мутаций в семенах оказывается достаточно интенсивно развитым уже тогда, когда семена еще не обнаруживают большого снижения всхожести, что свидетельствует о довольно гладком протекании вызываемых упомянутыми факторами внутриклеточных процессов, приводящих в свою очередь к усиленной мутационной изменчивости семян.

4. Значительное усиление мутационной изменчивости в семенах, происходящее под влиянием недостатка кислорода в окружающем семена воздухе, имеет важное значение для семеноводческой практики, поскольку без учета этого факта вырабатываемые для сохранения чистоты сорта мероприятия не

могут быть вполне действенными. Правда, на практике влияние данного фактора на семена, вероятно, чаще всего сочетается с влиянием других факторов (температуры, влажности), но такое сочетание является и не всегда обязательным.

5. С другой стороны, влияние данного фактора на мутационный процесс, равно как и влияние повышенного содержания кислорода, имеет также важное теоретическое значение.

Обсуждение и выводы

а) Распространенность явления мутационной изменчивости в семенах

Изложенные в предыдущих разделах исследования по вопросу об ускорении мутационной изменчивости в семенах, происходящей как в результате продолжительного хранения семян, так и в результате хранения семян при повышенной температуре и влажности, а также при разном содержании кислорода в воздухе, были проведены на семенах самых различных растений. Среди них имеются различные виды злаковых, сложноцветных и других семейств.

В семенах всех этих видов при определенных условиях частота мутаций поднимается во много раз выше той, которая наблюдается обычно при нормальных условиях культуры. Все это свидетельствует о том, что под влиянием различных внешних воздействий в семенах легко создаются какие-то особые внутриклеточные условия, очень благоприятствующие интенсивно протекающей в них мутационной изменчивости. При этом есть все основания считать, что это явление не носит частного характера, а свойственно всем семенам вообще. Семена всех или по крайней мере подавляющего большинства растений, несмотря на колоссальные различия в анатомическом строении, химическом составе и пр., характеризуются общим для всех физиологическим состоянием (состояние анабиоза). Это общее для всех семян специфическое состояние и лежит, вероятно, в основе причин, обусловливающих большую лабильность семян в отношении наследственной изменчивости. Подтверждением правильности данного положения служит установление ускоренного развития мутационного процесса также и в покоящихся пыльцевых зернах, характеризующихся, принципиально, сходным с семенами физиологическим состоянием.

Исследования мутационного процесса в пыльце были проведены несколькими авторами. Во-первых, было проведено исследование мутационного процесса в пыльце *Datura* (Картледж, Муррэй и Блэксли, 1935). Пыльца из только что раскрывшихся цветков собиралась и хранилась при температуре 29—31° С в термостате * на протяжении от 2 до 20 дней, после чего ею опылялись предварительно кастрированные цветки. В потомстве растений, полученных от такого опыления, определялась частота мутаций. Результаты получены следующие: в потомствах растений, происходивших из цветков, опыленных пыльцой, пролежавшей в термостате от 8 до 10 дней, обнаружено 13.9% мутантных растений (17 из 122), а в потомствах, происходящих из цветков, опыленных пыльцой, лежавшей 5—6 дней, обнаружено 5.7% мутантных растений (3 из 53); в других же потомствах, состоявших всего из 18 растений, мутантными оказались 9 растений. Аналогичный опыт был проведен с пыльцой Львиного зева (Штубббе, 1935). В этом случае собранная с нормальных растений свежая пыльца хранилась в эксикаторе (над хлористым кальцием) при комнатной температуре. Затем этой пыльцой опылялись кастрированные цветки в три срока: через 4, 8 и 10 недель после ее сбора. Возникшие в пыльце мутации учитывались во втором поколении растений, анализ которого дал следующие результаты:

Продолжительность хранения пыльцы	Процент мутаций во 2-м поколении
4 недели	3.13 ± 0.72
8 »	5.13 ± 0.93
10 »	7.67 ± 0.13
Контрольные культуры	1.00 ± 0.71

Таким образом, как в семенах, так и в пыльце мутационный процесс развивается быстрее, чем при тех же условиях в вегетирующих растениях. Единствен-

* Температура термостата подобрана приблизительно равная той, которая была на открытом воздухе во время цветения растений.

ное, с чем можно связать причину столь резкого различия в темпе развития мутационного процесса при одних и тех же условиях * в семенах и пыльце, с одной стороны, и в вегетирующих растениях, с другой, — это упомянутое выше различие физиологических условий в клетках, связанное с анабиотическим** состоянием клеток семян и пыльцы и активной их деятельностью (метаболизм, рост, деление) у вегетирующих растений.

При этом нужно, конечно, иметь в виду, что указанная лабильность семян у разных видов, разновидностей и даже сортов при одинаковых условиях может быть все же выражена в разной степени. Подобное различие было отмечено уже некоторыми цитированными выше авторами. Так, например, констатировано, что темп нарастания интенсивности мутационного процесса в семенах ржи происходит значительно быстрее, чем в семенах некоторых видов *Crepis*, а в последних быстрее, чем в семенах пшеницы. Вполне возможно и такое положение, что в семенах некоторых видов он вообще будет очень слабым.

Наконец, поскольку темп развития мутационного процесса в семенах находится в тесной зависимости от целого комплекса внешних факторов, то даже в одних и тех же семенах при одних условиях он будет чрезвычайно высоким, а при других — очень низким. Но возможны также некоторые оптимальные условия, при которых очень бурного развития мутационного процесса не наблюдается, но тем не менее оно идет значительно быстрее нормального, обусловливая значительное повышение процента мутаций в последующих поколениях. Для семеноводства изучение этих, именно, оптимальных условий для развития мутационного процесса имеет наибольшее практическое значение с точки зрения рационализации хранения семенных фондов.

б) Характер мутаций, возникающих в семенах в период хранения

Мутации можно рассматривать с различных и очень многих точек зрения: с точки зрения характера их действия на признаки организма, характера связанных с ними внутриклеточных изменений и т. п. В зависимости от этого в литературе встречаются самые различные классификации мутаций, основанные на учете той или иной стороны явления. Таковы, например:

I. Классификация, в основу которой положен характер связанных с мутацией изменений элементов клеток. Данная классификация подразделяет мутации на следующие группы:

A. Плазматические мутации (связанные, главным образом, с изменениями пластид и прочих органел клетки).

B. Генотипические мутации:

1) так называемые трансгенации — мутации, не связанные с видимыми структурными изменениями элементов ядра;

2) геномные мутации: а) гетероплоидия и б) полиплоидия;

3) хромосомные мутации: а) фрагментации; б) нехватки; в) транслокации; г) инверсии и пр.

II. Классификация, в основу которой положен характер действия мутаций на признаки организма. В ней мутации подразделяются на:

1) малые, вызывающие очень слабые изменения признака, и

2) большие, подразделяющиеся в свою очередь на: а) летальные мутации, обусловливающие гибель организма, и б) видимые мутации.

Существуют еще и другие классификации мутаций, на которых мы останавливаться не будем.

Если наблюдавшиеся в изложенных выше опытах с семенами мутации рассмотреть с точки зрения первой из приведенных классификаций, то их нужно отнести к типу так называемых генотипических мутаций. Среди них мы имеем все три группы мутаций, относящихся к этому типу, а именно, так называемые трансгенации (Штуббе, 1934, 1935; Картледж и Блэксли, 1934, и Эвери и Блэксли 1934, 1936; Шкварников, 1935, 1936); геномные мутации (Пето, 1933; Шкварников, 1936) и хромосомные мутации. Последние наблюдались почти во всех цитированных опытах. Среди этой группы встречались все возможные типы — фрагментации, транслокации, инверсии и пр. (см. например, фиг. 8).

* Имеются в виду только условия температуры и влажности.

** Под словом анабиоз понимается не абсолютный, а лишь относительный покой со своеобразно идущим обменом веществ.

Если рассматривать данные мутации с точки зрения второй из приведенных классификаций, то из них многие, безусловно, относятся к группе так называемых больших видимых мутаций, так как они учитывались в последующих поколениях растений по видимым изменениям признаков последних. Относящиеся к этой же группе летальные мутации также были установлены в ряде опытов. Сюда фактически относятся мутации, обусловливающие абортивность пыльцы (Картледж и Блэксли, 1934), а также альбиносные мутации (Шкварников и Навашин, 1935). Что же касается так называемых малых мутаций, то в изложенных опытах они не учитывались. Однако на основании некоторых наших собственных наблюдений можно с уверенностью сказать, что и этот тип мутации возникает в семенах очень часто. При просмотре семей второго и последующих поколений в поле мы довольно часто замечали, что ряд семей, не обнаруживая каких-либо резких морфологических и прочих изменений, отличается все же на фоне остальных неуловимыми мелкими особенностями. Кроме того, мы уже отмечали выше, что многие так называемые большие мутации одного и того же типа часто отличаются между собой еще рядом других признаков. Иногда эти отличия также становятся заметными лишь в том случае, когда перед глазами не единичные растения, а вся масса растений ряда делянок.

Что касается других особенностей мутаций, возникавших в разных опытах, то необходимо остановиться вкратце на характеристике их жизнеспособности, а также хозяйственного и биологического их значения. При этом мы будем основываться, главным образом, на собственных данных по пшенице, так как в ряде опытов других авторов возникавшие мутации, с этой точки зрения, подробно не описаны.

По жизнеспособности установленные в большинстве опытов мутации включали как вполне жизнеспособные полноценные формы, так и формы с пониженной жизнеспособностью и совершенно нежизнеспособные. Говоря о мутациях с пониженной жизнеспособностью и нежизнеспособных, мы имеем в виду все внешне проявившиеся новые формы, которые уступают другим мутантным и исходным формам или по ряду физиологических функций, как хлорофилльные и многие узколистные мутанты, или по степени плодовитости их и их потомства и т. п. Многочисленную же группу мутаций, главным образом хромосомных аберраций, которые обусловливают нежизнеспособность несущих их клеток в самом начале их возникновения и поэтому внешне не могут даже проявиться (вертикальные ряды 2 и 4 на фиг. 8), мы сюда совершенно не включаем.

Что касается характера изменений признаков, обусловливаемых возникшими мутациями, то они при достаточной общей частоте мутаций оказываются довольно разнообразными. С биологической точки зрения (приспособленность, выносливость, коэффициент размножаемости и пр.) большинство жизнеспособных мутаций ничем не уступает исходным формам и потому имеет во всяком случае равные с ними шансы на выживание. Некоторая же часть из них в этом отношении, конечно, бывает и хуже исходных форм.

С точки зрения хозяйственной ценности все жизнеспособные мутации обычно представляют большое разнообразие. Часть из них (в различных случаях разная) не представляет какого-либо практического интереса, другая же часть на первый взгляд в отношении ряда хозяйственных признаков представляется равноценной с исходным сортом, хотя при более глубоком анализе некоторые из них могут, безусловно, оказаться либо менее, либо более выгодными в том или ином отношении, чем исходная форма. Но, как уже отмечалось раньше, кроме этих мутаций, во всех сортах пшеницы, с которыми проводились опыты, всегда возникали в том или ином числе также и такие, которые в некоторых отношениях оказывались, безусловно, более ценными, чем исходная форма, не уступая в то же время последней во всем остальном. Таковы, например, более кустистые формы, формы, отличающиеся более стойкой против полегания соломой, безостые и пр. Некоторые из них по всем предварительным наблюдениям и данным должны оказаться также и более продуктивными. Поэтому есть основание надеяться, что в любом хорошем сорте культурного растения, заставляя его тем или иным способом мутировать, можно получить известное число мутаций, которые по неко-

торым показателям обязательно будут превосходить исходный сорт. Правда, подобный путь улучшения сорта еще далек от возможности произвольного его улучшения в заранее намеченных направлениях. Но, тем не менее, в практической селекции и им не следует пренебрегать, так как известный шанс некоторого дальнейшего улучшения стандартного сорта в каком бы то ни было отношении, пусть даже в отношении тех его свойств, которые и до этого уже были не плохи, все равно представляет большой практический интерес*.

Что же касается вопроса о возможной специфичности влияния определенных факторов на мутационный процесс, вопроса, имеющего первостепенное значение для выработки способов получения наследственных изменений не вообще, а преимущественно определенных типов изменений по желанию, то мы склонны полагать, что подобная специфичность в воздействиях факторов на мутационный процесс должна существовать в более широком смысле, чем до сих пор было принято считать. Для подобного утверждения мы располагаем и некоторыми фактическими данными, однако останавливаться на них мы здесь не будем, так как этот вопрос с изложением указанных данных будет подробно обсужден нами в специальной работе.

в) Причины ускорения мутационной изменчивости в семенах

Ранее мы уже отмечали, что все исследователи, изучавшие мутационный процесс в семенах, приходят к заключению, что наблюдающееся в семенах, при тех или иных условиях, ускорение мутационного процесса тесно связано с процессами жизнедеятельности семян. При этом предполагается, что мутации возникают в результате каких-то внутренних изменений в клетках зародыша, связанных с протекающими в нем физиологическими процессами. Эта точка зрения, полностью совпадающая с высказанной в упомянутой ранее работе точкой зрения И. В. Мичурина о причинах происходящего под влиянием хранения семян изменения всхожести последних, а также изменения качеств вырастающих из них растений, получает подтверждения с разных сторон. Во-первых, в ее пользу говорит то, что возрастание частоты мутаций, наблюдавшееся во всех цитированных опытах, не является пропорциональным времени хранения семян или дозе того или иного внешнего воздействия. Во-вторых, в ее пользу говорит также и то, что темп нарастания интенсивности мутационного процесса в семенах очень чувствительно меняется в зависимости от внешних условий. В одних условиях частота мутаций, как показали опыты, очень сильно возрастает за весьма короткий срок, тогда как в других условиях она менее возрастает даже за срок, во много раз превосходящий. Очень доказательным в этом отношении является один опыт Картледж и Блэксли (1935), о котором мы еще не упоминали. Эти авторы сравнили частоту мутаций, установленную ими у семян, находившихся в течение 20 лет глубоко под землей при очень константных условиях, с частотой мутации у семян, хранившихся на открытом воздухе. В результате они нашли, что в семенах, находившихся 20 лет под землей**, почти не обнаруживалось повышения мутаций, тогда как частота мутаций в семенах, хранившихся 10 лет на воздухе, достигала 7%. О правильности указанной выше точки зрения свидетельствует также и то, что, например, в вегетирующих частях растений не наблюдается такого повышения частоты мутаций, какое при тех же условиях имеет место в семенах, а также и в пыльце. Это свидетельствует о тесной связи развивающейся в семенах мутационной изменчивости со спецификой происходящих в них физиологических процессов, отличных от процессов, протекающих в вегетирующих растениях. Физиологическое состояние клеток (главным образом, плазмы) вегетирующих растений, повидимому, таково, что оно, несмотря на большие количественные и качественные изменения совершающихся в плазме метаболических процессов, происходящих под влиянием перемены внешних условий,

** К такой же точке зрения пришли Делоне и Дидусь, много работавшие над изучением рентгено-мутантов, а также спонтанных мутаций у пшениц и ячменя.

*** В условиях, отличавшихся, кроме всего прочего, большой сухостью.

все же не допускает при этом столь глубоких изменений химической природы самой плазмы, какие происходят, вероятно, при аналогичных условиях в клетках семени. Поэтому совсем иным должно быть и влияние на развитие мутационного процесса в том и другом случае различных внешних условий. Если в покоящихся семенах резкая перемена внешних условий непосредственно ведет к солидным химическим изменениям самой плазмы, в свою очередь обусловливающим мутации, то в вегетирующем растении подобные перемены условий, вероятно, могут сказаться на мутационной изменчивости только через посредство гораздо более сложных процессов и связей, отражаясь, повидимому, прежде всего на характере развития растений, который, в свою очередь, может обусловить, на известном этапе, и значительный сдвиг в мутационной изменчивости растения*.

Итак, все данные говорят за химическую природу причин, ускоряющих мутационную изменчивость в семенах. Однако до сих пор ничего неизвестно о конкретном характере тех биохимических процессов и изменений в клетках, которые непосредственно приводят к мутациям. Авторы, изучавшие генетическую сторону вопроса, делали только те или иные предположения о характере этих процессов. Так, например, высказывались предположения, что на интенсивность мутационного процесса в семенах могут оказывать влияние: 1) накопление в клетках каких-то специфических веществ (продуктов распада и пр.), производящих химическое действие; 2) своеобразные, свойственные покоящимся клеткам, энергетические соотношения; 3) коагуляция белков; 4) автолитические процессы и пр. (см. подробнее Навашин и Герасимова, 1935; Шкварников и Навашин, 1935; Штуббе, 1935). Однако ни одно из этих предположений до сих пор не было экспериментально проверено, так как для этого необходима постановка специальных биохимических исследований.

От проведения такого рода исследований можно было бы ожидать не только точного выяснения природы биохимических процессов, непосредственно связанных с мутациями, но, возможно, также и выяснения более надежных и простых способов управления мутационной изменчивостью растений в тех случаях, когда ведущую роль в ней (как в семенах и в пыльце) играют биохимические процессы.

Были также предположения и о том, не является ли ускорение мутационного процесса в семенах результатом старения как такового. Эти предположения не подтвердились. Необходимо, однако, подчеркнуть, что не всегда можно ясно понять, что собственно понимается под термином «старение». Указанный отрицательный вывод имеет силу в тех случаях, когда с понятием «старение» связывается представление о каких-то биологических изменениях живой материи, протекающих во времени и не зависящих от тех или иных внешних условий, а только от возраста. Но если под старением понимать вообще все происходящие в семенах изменения биохимического порядка (окисление, гидролиз и т. п.), то в таком случае употребление этого термина только осложняет понимание существа вопроса, причем в последнем случае совершенно неуместным будет представление об обязательной пропорциональной зависимости между частотой мутаций и возрастом семян, которой в действительности нет и не должно быть.

Нет оснований также допускать, что в ускорении мутационного процесса в семенах, а также и в пыльце, играет роль старение, понимаемое в смысле недавно выдвинутой доктором Кренке теории «циклического старения и омоложения в онтогенезе растений». Мутационная изменчивость может и должна проходить по-разному в более старых и в более молодых, в смысле этой теории, растениях или частях растений, но применительно к семенам или пыльце в период их хранения вряд ли можно говорить о большей или меньшей старости в этом смысле, так как в них с биологической точки зрения совершаются другого порядка процессы, чем те, которые происходят в растениях за период онтогенеза.

* Яркие примеры сдвига интенсивности мутационной изменчивости, достигнутого таким именно путем, имеются в опытах академика Т. Д. Лысенко, посвященных в основном направленной переделке природы растений путем воспитания.

г) Мутационная изменчивость в семенах и понятие о «чистых линиях»

Данные изложенных выше опытов наглядно показали, что большая лабильность семян в отношении их наследственной изменчивости обусловливается специфичностью их физиологического состояния, способствующего, при некоторых условиях, быстрому накоплению химических изменений в клетках зародыша, ведущих затем к большому повышению интенсивности мутаций. Подтверждением правильности этого являются также результаты исследования мутационного процесса в зрелой пыльце.

Следовательно, тесная связь мутационных изменений в семенах с химическими изменениями в плазме зародыша, зависящими в свою очередь от характера и интенсивности протекающих в семенах биохимических и физиологических процессов, обусловливает очень высокую чувствительность (лабильность) мутационного процесса в семенах к влияниям различных внешних факторов. Она связана именно с тем, что под влиянием внешних факторов очень быстро и в широких пределах меняется темп и характер процессов жизнедеятельности семени. Приводившиеся данные показывают, что по существу очень большой сдвиг мутационного процесса в семенах, в сторону его повышения, иногда может происходить в связи с такими даже изменениями в окружающих условиях, которые в природе и в практике с.-х. производства не представляют чего-то необычного. Таковы, например, температура около 30° С и влажность воздуха в 60%, при которых усиление мутационной изменчивости в зависимости от вида семян наступало уже через 8—10, 15, 20 дней. То же можно сказать и о мутационном процессе в пыльце. Но кроме названной комбинации факторов, на практике бывают десятки других таких же комбинаций условий, не представляющих ничего экстраординарного, но способных вызывать в то же время значительные изменения в течение физиологических процессов семян и, следовательно, в интенсивность их мутационной изменчивости. Из этого следует, что явление интенсивной наследственной изменчивости в семенах в природных условиях не должно представлять чего-то исключительного, а, наоборот, должно встречаться довольно часто. В разных случаях в природе и в условиях культуры это явление должно совершаться с различной частотой (иногда даже очень редко), но вся суть дела заключается в том, при каких условиях находились семена, в которых это явление изучается. При одних условиях процесс мутационной изменчивости в семенах не сможет развиться в достаточной степени даже на протяжении многих лет, тогда как при других условиях его развитие может достичь (и достигает) очень высокого уровня в течение сроков, исчисляемых несколькими днями, а иногда и часами.

Выше мы упоминали, что значительный подъем интенсивности мутационного процесса может иметь место, при известных условиях, не только в семенах и пыльце, но также и в различные моменты в течение развития самого растения. Весь вопрос заключается только в том, что непосредственные причины, благоприятствующие подъему процесса мутаций в вегетирующем растении, будут иные, чем в семенах и пыльце, и механизм влияния внешних факторов на развитие этого процесса в том и в другом случае, следовательно, также будет разный.

В природных условиях семена оказываются, вероятно, очень часто и легко подверженными процессу мутационной изменчивости, поскольку механизм влияния внешних условий на развитие данного процесса в этом случае наиболее прост.

Таким образом, из вышесказанного должен быть сделан бесспорный вывод о том, что часто наблюдаемая большая якобы устойчивость (стабильность) растений в отношении наследственных изменений в сущности является чрезвычайно относительной.

Степень этой устойчивости зависит не только от природы того или иного вида растений, но в большой степени также и от конкретных внешних условий. И когда на практике часто констатируют относительно высокую устойчивость тех или иных растений в смысле наследственных изменений, то это объясняется

только тем, что соответствующие наблюдения проводятся обычно в таких условиях, которые наименее способствуют развитию процесса мутационной изменчивости, а устанавливаемые при этом факты толкуются слишком широко. Ведь в самом деле, о чем в первую очередь заботится экспериментатор при изучении так называемого спонтанного мутирования у организмов и в том числе у растений? Прежде всего он принимает меры к тому, чтобы для исследования взять наиболее выровненный (по развитию, состоянию и пр.) так называемый типичный материал; затем, чтобы самое исследование провести в максимально типичных условиях. И вполне естественно, что при этом он получает результаты, которые являются типичными для данного материала и данных условий, но не для данного вида и природных условий вообще. В действительности же наследственная основа любого растения (в разной, конечно, степени) является очень лабильной, ее изменчивость очень зависима от внешних условий, от характера развития и пр. Условия, повышающие изменчивость наследственной основы растений, могут создаваться и создаются в природе и в культуре легко и очень часто, но это не всегда оказывается замеченным, а если иногда и замечается, то, как правило, истолковывается неправильно. Наглядным примером этого могут служить широко распространенные явления интенсивной изменчивости семян, если для этого имеются благоприятные условия, а также и зрелой пыльцы, изучению которых посвящены были изложенные выше опыты. Эти явления до недавнего времени вовсе не привлекали чьего-либо внимания. Отдельные факты повышенной мутационной изменчивости семян были подмечены давно, но в угоду господствовавшим в генетике взглядам они были искажены и забыты.

Из сказанного логически вытекает дальнейший вывод о том, что понятие «чистая линия» должно рассматриваться как абсолютно условное. На практике чистота любой линии является очень относительной не только потому, что выделение линии ведется обычно по ограниченному числу признаков, но также и потому, главным образом, что даже по тем признакам, по которым отобрана та или иная линия, она не будет оставаться в неподвижном состоянии в течение сколько-нибудь продолжительного времени. Легкая и очень частая в природе возможность интенсивного развития мутационного процесса хотя бы в одних только семенах может служить уже богатым источником засорения линий за счет возникающих в ней новых наследственных изменений, и в результате этого линия будет быстро перерождаться. Очень большую роль в этом процессе перерождения линий за счет возникающих мутаций будут, конечно, играть почти не заметные для глаза наблюдателя, но возникающие, повидимому, более часто так называемые мелкие мутации.

Но из сказанного вовсе не следует делать пессимистического вывода о практической невозможности существования чистых сортов. Все сказанное означает лишь, что за чистоту сортов необходимо систематически бороться путем проведения соответствующих мер. От надлежащей постановки этой борьбы будет зависеть и продолжительность сохранения (поддержания) максимальной чистоты сортов.

д) Мутационная изменчивость в семенах и задача сохранения чистоты сортов с.-х. культур

На основании изложенных выше данных о развитии мутационной изменчивости в семенах выявляется необходимость существенного дополнения мероприятий, проводимых с целью поддержания чистоты сортов с.-х. культур на высоком уровне. В настоящее время мероприятия по поддержанию чистоты сортов с.-х. культур сводятся преимущественно к предупреждению механического засорения сорта посторонними формами, а также к предупреждению перекрестного опыления между разными сортами. Но кроме этого, учитывая вышесказанное о характере развития мутационного процесса в семенах при разных условиях, необходимо ставить вопрос о проведении ряда мероприятий, которые обеспечивали бы невозможность быстрого засорения сорта в нем же возникающими новыми наследственными формами. В основном эти мероприятия должны быть напра-

влены на то, чтобы в процессе хранения семян добиваться максимального замедления мутационной изменчивости в них посредством надлежащего регулирования условий хранения, а также обеспечения и поддержания соответствующего состояния хранящихся семян. Для того чтобы иметь в этом гарантированный успех, необходимо, чтобы рекомендуемые с этой целью мероприятия основывались на данных о развитии мутационного процесса в семенах, тщательно проконтролированных также в производственных условиях. Конкретно необходимо проверить в производственной обстановке темп развития мутационного процесса в семенах различного состояния, в семенах, прошедших различную подготовку к хранению, а также в семенах, хранящихся в разных условиях. Данные о мутационной изменчивости семян, полученные в лабораторных исследованиях, позволяют легко определить моменты в процессе хранения семян, на которые в первую очередь должно быть обращено внимание при постановке указанной работы в производственных условиях.

Прежде всего должна быть проведена проверка темпа мутационной изменчивости семян в зависимости от влажности, так как именно влажность* является в хозяйственных условиях основным фактором, наиболее часто служащим в качестве главной причины резких изменений в протекании тех или иных процессов в семенах. При этом в хозяйственной обстановке действие повышенной влажности всегда почти сочетается с действием других факторов, т. е. температуры и аэрации, потому что увлажнение массы семян всегда приводит со временем к изменению температуры и условий их аэрации (повышается коэффициент дыхания, усиливается потребление кислорода и выделение тепла и пр.). Мы знаем, что в таких случаях комбинированное действие указанных факторов бывает настолько сильным, что за очень короткий период в семенах происходят очень глубокие изменения, ведущие часто даже к массовой гибели семян. Отсюда ясно, как легко, при столь высокой чувствительности протекающих в семенах процессов к воздействиям указанных факторов, могут создаваться условия, способствующие подъему интенсивности мутаций. Для этого, безусловно, достаточно будет менее глубоких, чем указано выше, внутриклеточных изменений, так как из приведенных опытов известна высокая частота наследственной изменчивости семян, сохраняющих еще почти нормальную всхожесть и высокую жизнеспособность.

Параллельно с проверкой влияния влажности на темп мутационной изменчивости должна быть проведена также проверка влияния различных приемов сушки семян (главным образом термической сушки). Данная проверка, помимо ответа на основной для нее вопрос о том, в какой мере сушка как практическое мероприятие снижает темп мутирования семян, должна решить также вопрос о том, какие режимы сушки могут быть допустимы для семенного материала без опасения усилить мутационную изменчивость семян самой сушкой. Последний вопрос также очень важен, так как почти все существующие конструкции сушилок основаны на использовании горячего воздуха (нагретого до 80, 90, 100° С, а иногда и выше). Поэтому, учитывая приведенные выше данные о влиянии температуры на мутационный процесс в семенах, необходимо в каждом случае (применительно к разным культурам) проконтролировать степень допустимого нагрева воздуха и семян и продолжительность сушки, которые являлись бы безвредными не только в отношении посевных (всхожесть и пр.), но также и в отношении сортовых качеств семян. Относительная кратковременность действия высокой температуры при сушке семян не должна успокаивать, так как случаи некоторого повышения частоты мутаций возможны и при кратковременных воздействиях высокой температуры. Об этом свидетельствуют данные некоторых опытов (данные Пето, 1933, по ячменю и предварительные данные наших опытов по изучению влияния термической сушки на частоту мутаций в семенах пшеницы).

Указанная работа должна быть построена таким образом, чтобы был обеспечен учет характера развития мутационного процесса на разных этапах всего

* Имеется в виду как влажность семян, так и влажность воздуха, так как между ними существует прямая зависимость.

периода хранения семян. Очень большое внимание при этом должно быть уделено непродолжительному, но очень важному периоду от момента уборки до засыпки семян в зернохранилища и элеваторы, так как протекающие в семенах процессы в этот и в последующие периоды могут существенно отличаться как по темпу, так и по своей природе (в первом случае продолжаются еще процессы физиологического дозревания и пр.). Эта разница должна быть особенно чувствительна в тех случаях, когда семена вынужденно убраны с повышенной естественной влажностью, т. е. семена не полной технической спелости. Последнее нередко случается, особенно в северных и восточных районах Союза, и тогда с такими семенами приходится проделывать различные процедуры в течение довольно продолжительного времени, прежде чем они поступят в элеваторы на продолжительное хранение. В этот именно период наследственная изменчивость семян очень легко может усилиться, так как для этого часто имеются все необходимые условия. Поэтому проверка темпа развития мутационного процесса в семенах при разных условиях в течение этого периода является очень актуальной. Следующей по важности задачей является проверка темпа мутационного процесса в семенах в зависимости от изменения влажности последних, происходящего уже в самих хранилищах и на элеваторах. Очень важно также провести эту работу в разных по усовершенствованию хранилищах и при разных способах хранения (толщина слоя и пр.).

Кроме того, особое внимание необходимо также уделить проверке влияния повышенной температуры и разных условий аэрации на мутационный процесс не только во влажных, но и в сухих семенах, так как лабораторными исследованиями установлено повышение частоты мутаций под влиянием этих факторов и в сухих семенах.

Следовательно, для выработки определенных норм, касающихся режимов хранения семенных фондов, гарантирующих сохранение высокого уровня чистосортности* семян, указанная работа по проверке темпа изменчивости семян в производственной обстановке должна быть проведена примерно по нижеследующему плану (для примера возьмем пшеницу).

А. Темп развития мутационного процесса в семенах, убранных в состоянии полной технической зрелости и пригодных к немедленной засыпке на элеватор (контроль):

1) не подвергавшихся увлажнению в течение всего периода хранения;

2) подвергавшихся в течение периода хранения различной степени увлажнения, включая и те случаи резкого повышения влажности, которые неизбежно ведут к самосогреванию семян;

3) в семенах, подвергавшихся после имевшего место значительного увлажнения различным способам сушки (термическая сушка, перевалка и пр.).

Б. Темп развития мутационного процесса в семенах комбайновой уборки, убранных ранее полной технической спелости и благодаря этому отличающихся также разной степенью влажности в момент уборки:

1) быстро доведенных до нужной степени сухости (перед засыпкой на элеватор) на воздухе, т. е. при благоприятствующих этому климатических условиях;

2) перед засыпкой на элеватор подсушивавшихся на воздухе, но медленно (при не благоприятствовавших этому климатических условиях);

3) в семенах, подвергнутых после уборки немедленной термической сушке при апробированных уже режимах последней**.

В. Темп развития мутационного процесса в семенах, подвергнутых прочим, преимущественно термическим воздействиям, как, например, горячее протравливание, термическая дезинсекция и т. п.

Перечисленное в этих пунктах является минимумом того, что должно быть обязательно исследовано в хозяйственной обстановке. Существенным и очень желательным углублением этого было бы проведение перечисленной в разделах А и В работы на фоне различных способов хранения семян (толщина слоя семян, размер силосов, степень вентилирования хранилища и пр.).

---

* Кстати, мероприятия по поддержанию высокого уровня чистосортности во многих случаях будут совпадать с теми мерами, которые преследуют сохранение высоких посевных качеств семян (всхожесть, энергия прорастания), но они должны быть только уточнены с этой точки зрения, так как известны случаи достаточно сильного повышения частоты мутаций в семенах, сохраняющих еще почти нормальную всхожесть.

** Апробация режимов искусственной термической сушки как влажного зерна комбайновой уборки, так и зерна, увлажняющегося в течение хранения, является, конечно, самостоятельной задачей, которая должна быть выполнена отдельно в том и другом случаях.

Кроме того, следует отметить также, что для получения результатов, на основании которых могли бы быть предложены достаточно конкретные инструкции, необходимо, чтобы указанная работа была проведена в нескольких (2—3) типичных по климатическим условиям районах. При этом обязательно потребуется уточнение получаемых данных применительно к семенам разных культур, так как в зависимости от культуры характер развития мутационного процесса в семенах может быть иногда резко отличным. Так, например, уже отмечалось раньше, что семена ржи мутируют значительно быстрее, чем семена пшеницы и ячменя. Большей специфичности данного явления можно ожидать также и у таких сильно отличающихся по семенам культур, как бобовые, масличные, огородные, свекла и др.

Данные подобного рода исследований будут иметь чрезвычайно важное значение. Они будут очень важны не только при выработке тех или иных норм по хранению семенного материала, но также и при конструировании новых семяхранилищ, новых с.-х. машин (главным образом, зерносушилок) и в других случаях.

В заключение необходимо сказать, что указанная работа должна быть четко спланирована, так как иначе она не скоро даст нужные результаты. К ее проведению необходимо привлечь несколько учреждений, которые выполнили бы ее по согласованному плану и методике. Правильнее всего было бы организовать небольшую строго продуманную сеть пунктов по проведению данного рода работы (учитывая специфику районов и культур) при некоторых селекционных станциях и семеноводческих совхозах под контролем квалифицированных селекционеров и агрономов-семеноводов.

е) Некоторые общие выводы для практики селекции и семеноводства

Некоторые общие выводы, имеющие значение как для практической селекции, так и для семеноводства, могут быть сделаны на основании изложенных выше опытов уже сейчас.

Во-первых, совершенно бесспорно, что факт большой лабильности семян в отношении наследственной изменчивости и большая простота средств, с помощью которых можно воздействовать на нее, а также довольно частое появление при этом таких изменений, которые представляют улучшение по сравнению с исходной формой, безусловно, должны быть использованы в повседневной селекционной работе. Поскольку в любом сорте при усилении мутирования семян, вызванном тем или иным способом, можно считать вполне возможным (что следует из изложенных данных) возникновение некоторого числа таких мутаций, которые будут представлять известный шаг вперед, то этим путем, безусловно, можно достигнуть известных результатов в постепенном улучшении исходных стандартных сортов. Имея ряд возникших мутационным путем новых форм, отличающихся некоторыми преимуществами по сравнению с исходным сортом, нетрудно окончательно выделить те из них, которые, отличаясь теми или иными выгодными особенностями, ничем не уступали бы исходному сорту в остальных свойствах. Любое же, хотя бы незначительное, дальнейшее улучшение стандартных сортов является практически очень ценным.

Другой вытекающий из изложенных данных вывод, имеющий значение для практической селекции, заключается в том, что продолжение отбора внутри так называемых чистых линий имеет совершенно определенный практический смысл, так как, при указанной лабильности семян в отношении мутационной изменчивости, внутри чистых линий довольно скоро (в зависимости от условий) может накопиться то или иное число мутаций. Среди них практически всегда есть шансы встретить формы, являющиеся в той или иной степени лучшими по сравнению с исходной линией. Что же касается практики семеноводства и, главным образом, хранения сортовых семенных фондов, то в отношении их также уже сейчас можно говорить о некоторых обязательных практических мероприятиях. Прежде всего очень опасной для сохранения чистосортности является

повышенная влажность семян в момент уборки, так как относительно высокая температура окружающего воздуха в данный период (особенно в некоторых районах) способствует при этом чрезвычайно интенсивному течению в семенах биохимических и физиологических процессов. Их интенсивность особенно высока в тех случаях, когда повышенная влажность семян обусловлена недостаточной их технической зрелостью. Поэтому при уборке семенных посевов должна быть поставлена на одно из первых мест борьба за низкую влажность семян, которая, в зависимости от района и условий, должна проводиться различными способами.

Так, в районах с длинным летом и сухой погодой в период уборочной кампании ни в коем случае не должна допускаться уборка семенного материала ранее полной технической спелости, а также уборка при повышенной, в результате дождя или росы, влажности семян. В исключительных же случаях, когда по тем или иным причинам убранные семена окажутся с повышенной влажностью, должны быть приняты безотлагательные меры к просушке их, без которой не должно допускаться насыпание таких семян в кучи и в мешки. При этом необходимо подчеркнуть, что в районах, где во время уборочной кампании есть полная возможность быстрого высушивания семян на воздухе, нет необходимости в таких случаях прибегать к искусственной термической сушке семенного материала. При проведении воздушной сушки обязательно непрерывное перелопачивание семян.

Особенно большую опасность для сохранения сортовых качеств представляет повышенная влажность убираемых семян в тех районах, которые отличаются непродолжительным летом и, в связи с этим, часто недостаточно благоприятными во время уборки климатическими условиями. Благодаря именно этому в данных районах обычно отсутствует возможность быстрого высушивания на воздухе убранных с повышенной влажностью семян. Последнее может длиться здесь многими днями, не давая нужного эффекта и тем самым способствуя только усилению интенсивности мутационного процесса в семенах. И тем не менее, именно в этих районах уборка семян с повышенной влажностью (иногда даже до наступления полной технической спелости) является нередко неизбежной. Поэтому в таких случаях единственным верным мероприятием, могущим уберечь огромное количество семенного материала от той или иной степени порчи его вследствие подъема интенсивности мутирования, может быть только искусственная сушка семян. При этом наилучший результат должен быть в том случае, когда никаких промежуточных этапов между уборкой и сушкой не будет, т. е. когда семена будут поступать на сушку непосредственно с комбайна. В настоящее время почти единственным способом искусственной сушки является термическая сушка, которая сама по себе может причинить, при известных условиях, некоторый подъем интенсивности мутаций в семенах. Поэтому необходимо, чтобы устанавливаемые для семенного материала режимы термической сушки были, с этой точки зрения, строго апробированы. По изложенным выше предварительным данным о влиянии разных режимов термической сушки на частоту мутаций в семенах пшеницы можно считать допустимой сушку семенного материала этой культуры при температуре теплоносителя (нагретого воздуха), не превышающей 70—80° С, если экспозиция не превышает 2 часов (при этом нагрев семян достигает 35—45° С).

Искусственная термическая сушка семенного материала (при апробированных режимах) может быть рекомендована в качестве наиболее верного средства предупреждения подъема интенсивности мутационного процесса в семенах также и в тех случаях, когда происходит вторичное увлажнение семян благодаря высокой влажности окружающего воздуха. Наиболее часто это происходит в осенние и весенние месяцы.

В качестве необходимой меры предосторожности, с точки зрения изложенных данных, необходимо признать также недопустимым оставление свежеубранных семян (даже сухих) не защищенными от прямого действия солнечных лучей. Это имеет значение, главным образом, для некоторых районов, в которых во время уборки стоит жаркая погода. Нагрев верхних слоев семян, открытых действию солнечных лучей, может достигать здесь более высокого уровня, чем

при термическом сушении, и в то же время может быть гораздо более продолжительным.

Наконец, следует считать безусловно недопустимым хранение семенного материала в очень жарких помещениях, в которых держится температура от 30° С и выше. Таковы, например, чердаки крытых железом зданий в жаркие летние месяцы и т. п. В таких помещениях условия для семян не будут мягче тех, которые мы имели в термостатах в изложенных выше опытах и, следовательно, не меньшими, чем в данных опытах, должны быть также и результаты влияния этих условий.

В заключение мне представляется не лишним высказать следующие два пожелания. Во-первых, желательно, чтобы на ряду с термической сушкой было обращено внимание на разработку еще и других способов сушки семенного материала, которые были бы менее опасны с точки зрения влияния на посевные и сортовые качества семян, чем термическая сушка, и в то же время являлись бы достаточно эффективными и экономически выгодными. Во-вторых, весьма желательно, чтобы при разработке новых конструкций семяхранилищ была учтена и осуществлена возможность более произвольного, в известных пределах, регулирования в них температуры и влажности воздуха, а также степени аэрации семян.

ЛИТЕРАТУРА

1 Делоне Л. Н., Мутации мягкой пшеницы и их селекционное использование, Записки Харьковск. с.-х. ин-та, т. I, вып. I, 1938.
2 Дидусь В. И., Искусственные и естественные мутации у ячменя, Записки Харьковского с.-х. ин-та, т. I, вып. 1, 1938.
3 Кирносова Л. Я., Влияние повышенной температуры на процесс мутирования в семенах *Crepis tectorum* при постоянной влажности воздуха, Биологич. журнал, т. IV, № 6, 1935.
4 Лысенко Т. Д., Переделка природы растений, Сельхозгиз, Москва, 1937.
5 Мичурин И. В., Семена, их жизнь и сохранение до посева, Сочинения, т. I, Сельхозгиз, 1939.
6 Навашин М. С., Новые данные по вопросу о самопроизвольных мутациях, Биологич. журнал, т. II, № 2—3, 1933.
7 Навашин М. С. и Герасимова Е. Н., Природа и причины мутаций, Биологич. журнал, т. IV, № 4, 1935.
8 Шкварников П. К. и Навашин М. С., Об ускорении мутационного процесса в покоящихся семенах под влиянием повышенной температуры, Биологич. журнал, т. IV, № 1, 1935.
9 Шкварников П. К., Влияние температуры и влажности на процесс мутирования в покоящихся семенах, Семеноводство, № 1, 1935.
10 Шкварников П. К., О повышении процента мутаций у пшеницы в результате продолжительного хранения семян, Биологич. журнал, т. V, № 3, 1936.
11 Шкварников П. К., Влияние высокой температуры на частоту мутаций у пшеницы, Биологич. журн., т. V, № 3, 1936.
12 Шкварников П. К., Влияние повышенной температуры на частоту хромосомных мутаций у *Crepis* при разной относительной влажности воздуха, Биологич. журнал, т. V, № 5, 1936.
13 Avery A. G. a. Blakeslee A. F., Visible Mutations from Aged seeds, Amer. Naturalist, v. 70, № 726, 1936.
14 Blakeslee A. F. a. Avery A. G., Visible Genes from Aged seeds, Amer. Naturalist, v. 68, № 718, 1934.
15 Blakeslee A. F., Avery A. G., Bergner A. D., Satina S., Cartledge I. L. a. Buchholz I. F., *Datura* investigations, Ann. Rep. Depart. Gen., Carnegie Inst., Washington, № 34, 1934—35.
16 Cartledge I. L. a. Blakeslee A. F., Mutation rate incrised by aging seeds as shown by pollen abortion, Proc. N. A. S., v. 20, 1934.
17 Cartledge I. L. a Blakeslee A. F., Mutation rate from old *Datura* seeds, Science, v. 81, № 2107, 1935.
18 Cartledge I. L., Barton L. V. a. Blakeslee A. F., Heat and Moisture as factors in the increased mutation rate from *Datura* seeds, Proceed. Amer. Philos. Soc., v. 76., № 5, 1936.
19 Cartledge I. L., Murray M. I. a. Blakeslee A. F., Increased Mutation rate from Aged *Datura* Pollen, Proceed Nat. Acad. Sciences, v. 21, № 11, 1935.
20 De Vries Hugo, Die Mutationstheorie, Bd. I, S. 183, 1901.
21 Navashin M., Origin of spontaneous mutations, Nature, v. 131, 1933.
22 Navashin M., Ältern der Samen als Ursache der Chromosomen Mutationen, Planta, Bd. 20, H. 2, 1933.

[23] Nilsson Heribert N., Sind die induzierten Mutanten nur selektive Erscheinungen? Hereditas (Lund), 15, 1931.
[24] Peto F. H., The effect of aging and heat on the chromosomal mutation rates in maize and barlay, Canad. Journ. of Research., vol. 9, 1933.
[25] Stubbe H., Probleme der Mutationsforschung, Wissenschaft. Woche zu Frankfurt a. M., 2—9, September 1934, Bd. I, Erbbiologie.
[26] Stubbe H., Samenalter und Genmutabibilät bei *Antirrhinum majus* L. (Nebst einigen Beobachtungen über den Leitpunkt des Mutierens während der Entwicklung, Biol. Zblatt., Bd. 55, H. 3/4, 1935.
[27] Stubbe H., Weitere Untersuchungen über Samenalter und Genmutabilität bei *Antirrhinum majus*, Zschr. Ind. Abst. u. Vererbungslehre, Bd. LXX, 533—37, 1935.
[28] Stubbe H., Die Erhöhung der Genmutationsräte in älternden Genen von *Antirrhinum majus* L., Biol. Zent., Bd. 56, H. 11/12, 1936.

P. K. SHKVARNIKOV. MUTATION IN SEEDS AND HIS SIGNIFICANCE FOR A SEEDCULTURE AND SELECTION OF PLANTS

SUMMARY

During the last five years there was carried on a number of investigations on the process of mutation in stored seads under external conditions. On the basis of investigations carried on by several authors, it was established that the process of seed mutation of several species of plants was significantly increasing with the increase of the duration of seed storing. But this increase of the rate of mutation was not proportional to the duration of storing. At the beginning of storing it increased slowly, but somewhat later it began to increase very rapidly. The rate of mutation depended on external conditions. By means of special experiments it was established, that temperature, humidity and the conditions of aeration were of very great significance for the rate of mutations in seeds. The sharp increase of the rate of mutation was caused by the rise of temperature, humidity and the content of Oxygen in the surrounding air. But the significant increase of the rate of mutations was also observed under the conditions of poor content or full absence of Oxygen in the surrounding air. All the authors who investigated the process of mutation taking place in seeds under the influence of the factors mentioned above came to the conclusion that this process is caused by chemical changes in the substance of cells. These changes resulted from the specific physiological activity of seeds, which is characteristic of their anabiotic state. Therefore temperature, humidity and other factors caused the mutation of stored seeds through the physiological and chemical processes taking place in these seeds. In the same manner these factors caused the mutation of the mature pollen whose physiological state is the same as that of seeds. The mutation originated in seeds under the influence of different external conditions belonged to different types. Among them there were lethal and visible, large and small, chromosomal and the so called point mutations, positive and negative mutations etc. From the observed data concerning the influence of external conditions on the rate of mutation in seeds and the data on the character of the newly originated forms it follows, that in nature variations in plants occur with a very high frequency if only favourable conditions are present. It follows futher that the existence of the so called «pure lines» in nature is very conventional. It does not, however, mean that the existence of comparatively high purity of sorts in cultivated plants is impossible. From this conclusion it follows, that it is necessary to take care of the purity of sorts. First of all it is necessary to elaborate means of avoiding the excess of moisture in seeds and to establish those conditions of seed storing under which the rate of mutation would be the lowest. Besides this it follows from the above mentioned data that the method of inducing of mutation by different external agents may be successfully used in selection of plants.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

А. И. АХРОМЕЙКО

ДИНАМИКА ПОГЛОЩЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И НАКОПЛЕНИЯ КРАХМАЛА КАРТОФЕЛЕМ

(*Представлено академиком* А. А. Рихтером)

Введение

Для получения высоких урожаев разных культур стахановцы сельского хозяйства применяют довольно высокие дозы удобрений, давая их как перед посевом растений, так и в течение периода их вегетации (подкормка).

Для практических и научных целей весьма важно знать, какое количество из вносимых в почву питательных веществ усваивается растением и каков ход кривой этого усвоения. Не менее важно также знать в этих условиях ход кривой накопления углеводов растением. Изучение динамики поглощения питательных веществ растением дает возможность судить не только о степени использования внесенных в почву питательных веществ, но и о периодах наибольшего поглощения растением того или иного питательного вещества, а следовательно, и о тех периодах, в которые то или иное растение особенно остро нуждается в наличии достаточных количеств доступных для него питательных веществ. Последнее в свою очередь дает некоторое основание для доз и времени внесения азотных, фосфатных и калийных подкормок.

Кривая накопления и отложения углеводов в разных органах растения дает представление как о продуктивности фотосинтеза, так и о тех факторах, которые тормозят эту продуктивность.

Внесенные в почву питательные вещества в той или иной степени потребляются микроорганизмами, а также поглощаются самой почвой. Чтобы иметь представление о наличии в почве в тот или иной период доступных для растения питательных веществ, необходимо также проследить за динамикой подвижных в почве форм азота, фосфора и калия.

Ниже излагаются результаты исследования по всем трем названным разделам.

Методика

Опыт проводился на экспериментальном лабораторном участке в «Отрадном» (под Москвой) на среднеподзоленном суглинке. Ранней весной на весь участок была внесена известь из расчета 1 гидролитической кислотности [6 т $Ca(OH)_2$]. Схема опыта: 1) контроль не удобренный; 2) навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ — при внесении половины NPK перед посадкой, а второй половины — в виде двух подкормок — в период окучивания. Навоз для опыта был взят конский, полуперепревший. Азот вносился в виде сернокислого аммония, фосфор — в виде суперфосфата и калий — 40% калийной соли. Предшественники: в 1934 г. — овес, в 1935 г. — картофель, в 1936 г. — вика-овес. До 1934 г. на этом участке был ягодник.

Весь участок для картофеля имел 60 м длины и 15 м ширины. Участок был разделен по длине на три делянки (согласно схеме). Для опыта взято было два сорта картофеля: Вольтман и Лорх. Рядки картофеля располагались вдоль длинной (60 м) стороны делянки. Площадь питания 60 × 40 см. Каждый сорт был высажен в количестве 11 рядков. Посадка произведена 17.VI. 1937 г., всходы

появились: Лорха — 7.VI, Вольтмана — 11.VI. Подкормка проводилась в жидком виде калием и азотом, и в сухом виде фосфором. Перед внесением подкормки около каждого рядка делалось по одной бороздке глубиною в 10 см на расстоянии 15—20 см от рядка. В бороздку вносилась путем равномерного рассыпания навеска суперфосфата, а затем туда же равномерно выливался раствор калийной соли и сульфата аммония. После внесения раствора бороздка заделывалась вручную доской. Первая подкормка была проведена 29.VI, вторая — 21.VII. Пробы для анализа брались из каждого рядка по 5—4 куста. Взятие кустов для пробы того или иного срока располагалось по диагонали. При очередном взятии проб в каждом рядке несколько кустов пропускалось с таким расчетом, чтобы выкапываемые кусты не находились по соседству с парующей площадью от предыдущего взятия проб.

Для каждого сорта картофеля бралось по 50 или 40 кустов (с каждой стороны оставлялось по одному защитному рядку). Во всех взятых кустах отдельно собирались стебли, отдельно листья, отдельно корни и отдельно клубни. Из каждой фракции бралась средняя проба в 1.5—2.0 кг, которая отправлялась в лабораторию для анализа. В течение вегетационного периода было проведено шесть сроков взятия проб. Даты взятия проб: 14.VII, 21.VII, 31.VII, 26.VIII, 13.IX, 1.X. Окончательная уборка картофеля с учетом увеличившихся площадей питания, благодаря взятию проб, произведена 2.X. Учет урожая в промежуточные сроки производился путем взвешивания на месте листьев, стеблей, корней и клубней из 50—40 кустов (в первые 4 срока бралось по 5 кустов из рядка, а в два последних срока — по 4 куста из каждого рядка). Лаборатория, приняв пробы, немедленно проводила следующие анализы: сухое вещество, крахмал в листьях и стеблях по Бертрану и крахмал в клубнях по Эверсу. Азот, фосфор, калий, кальций и магний определялись в зимний и весенний период 1938 г. в засушенных образцах (крахмал определялся в свежих образцах растения).

Пробы почвы для определения в них подвижного азота, фосфора и калия, а также поглощенных оснований и кислотности брались под теми кустами картофеля, которые шли в анализ, и в те же сроки, что и растительные пробы. Подвижный азот определялся в виде нитратов, подвижный фосфор — по Труогу, подвижный калий — по Голубеву, гидролитическая кислотность — по Каппену, поглощенные основания — по Гедройцу и pH из солевой вытяжки — электрометрически.

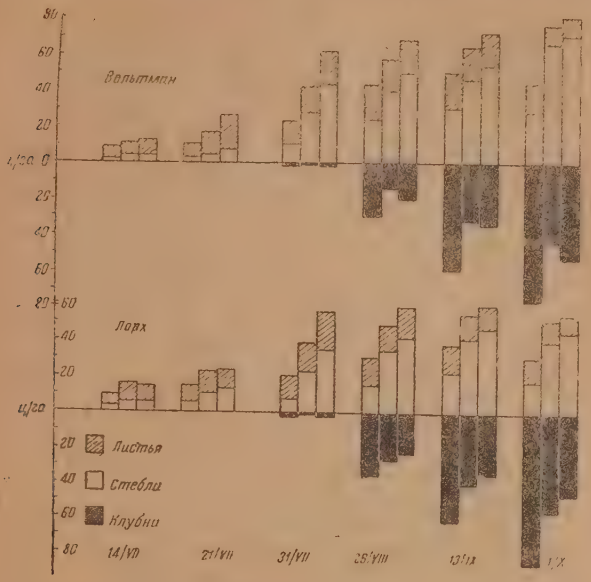
Динамика роста органического вещества

Результаты учета нарастания органического вещества в течение вегетационного периода для сорта Лорх сведены в табл. 1 (фиг. 1), а для сорта Вольтман — в табл. 2 (фиг. 1).

Из приведенных данных видно, что по всем срокам взятия проб урожай клубней обоих сортов картофеля на неудобренном фоне (точнее, на удобренном только известью) значительно выше, чем на удобренных. Зависело это от нескольких причин. Одной из них являлось весьма высокое плодородие неудобренных делянок * (конечный урожай сорта Лорх на неудобренной делянке равнялся 356 ц/га, а урожай сорта Вольтман — 292 ц/га). При таком высоком естественном плодородии почвы внесенные дозы удобрений (60 т навоза и $N_{90}P_{120}K_{120}$) оказались избыточными в условиях температуры и осадков 1937 г., при принятой для опытов агротехнике (площади питания) и — что, пожалуй, важнее всего — для поздних сортов. Некоторая засушливость мая и июня 1937 г. (в мае выпало 37.9 мм осадков против 52 мм средней многолетней, в июне — 33.7 мм осадков против 66 мм средней многолетней) задержала развитие картофеля, обилие же осадков в июле (115.1 мм против 82 мм средней многолетней) с умеренным их количеством в августе и вновь обильным в конце августа и первой декаде сентября, при хорошей теплой погоде и при обильном питании, создали исключи-

* В данном случае и во всех последующих случаях под неудобренной делянкой надо понимать делянку, удобренную только известью.

тельно благоприятные условия для развития вегетативной массы. Для Вольтмана (поздний сорт) и Лорха (поздне-средний) это тормозило образование клубней, так как значительная часть накопленного крахмала шла на образование вегетативных органов. В условиях бурного развития вегетативной массы принятая в опыте



Фиг. 1. Динамика сухого вещества. Верх колонок (над горизонтальной линией) — листья; низ колонок — стебли; колонки под горизонтальной линией — клубни

площадь питания была достаточной только для неудобренных делянок, для делянок же, получивших обильное органическое и минеральное удобрение, эта площадь питания (60 × 40 см) в условиях погоды лета 1937 г. была недостаточной.

Вследствие этого на удобренных делянках бурное развитие вегетативной массы шло, главным образом, за счет развития стеблей, которые, находясь в условиях густого стояния, тянулись вверх и полегали (длина стеблей доходила до 1.5 м), в то время как развитие листьев мало чем отличалось от развития листьев на неудобренных делянках.

Из табл. 1 и 2 видно, что нарастание веса листьев на неудобренных делянках происходило вплоть до пятого срока (13.IX), после пятого срока вес листьев резко уменьшился, вследствие побития их морозами, имевшими место во второй половине сентября; нарастание же веса листьев на удобренных делянках уже прекратилось ко второму и третьему сроку (21—31.VII), что говорит о том, что в данных условиях имела место очень большая загущенность стеблей картофеля, мешавшая развитию листьев. Если бы не было загущенности стеблей, то при обильном питании наблюдалось бы параллельное развитие стеблей и листьев. Как следствие этого сырой и абсолютно сухой вес листьев в период наибольшего их развития, на неудобренной делянке, мало чем отличался от веса листьев на удобренных делянках. Кривая роста веса стеблей, особенно абсолютно сухого их вещества, имеет плавный подъем до пятого и шестого срока взятия проб на всех трех делянках, причем вес сухого вещества с удобренных делянок превышал вес его с неудобренных делянок в два — два с половиной раза. Меньшая продуктивность, примерно, одной и той же листовой поверхности картофеля удобренных делянок по сравнению с неудобренными объясняется, с одной стороны, тем, что

Таблица 1

Динамика роста органического вещества

Обозначения делянок: 2 — неудобренная; 8 — навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (перед посевом); 5 — навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (подкормка)

Сорт Лорх		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14. VII	2 21. VII	3 31. VII	4 26. VIII	5 13. IX	6 1. X
Вес сырого вещества, в кг/га	листьев	2	4 265	7 033	10 653	11 567	11 819	3 757
		5	11 236	10 949	13 591	11 652	13 400	3 911
		8	8 746	11 037	17 118	13 929	12 663	3 375
	стеблей	2	3 424	7 823	11 694	13 958	16 563	8 377
		5	8 581	20 629	34 957	50 438	51 092	29 984
		8	7 217	24 865	61 433	53 763	51 354	35 819
	клубней	2	—	—	1 685	15 189	27 279	35 631
		5	—	—	998	15 837	21 960	29 963
		8	—	—	1 466	13 180	19 867	28 113
Процент сухого вещества	в листьях	2	14.43	12.67	12.52	13.70	13.22	36.74
		5	9.79	11.13	11.99	11.76	10.50	28.93
		8	10.20	10.28	11.88	11.41	10.46	28.23
	в стеблях	2	8.62	6.75	6.62	11.30	14.45	23.21
		5	6.17	5.39	6.73	7.23	8.36	13.92
		8	7.02	5.19	6.00	7.98	9.57	12.93
	в клубнях	2	—	—	13.46	22.10	22.51	24.02
		5	—	—	12.16	16.44	18.22	18.30
		8	—	—	12.18	17.18	17.06	16.63
Количество сухого вещества, в кг/га	в листьях	2	615.44	891 08	1333.75	1584.7	1162 47	1380.32
		5	1100.00	1218.62	1631.40	1398.3	1407.00	1133.41
		8	892.10	1134.60	2033.62	1589.3	1329.60	952.76
	в стеблях	2	295.15	528.05	774.14	1577.25	2393.35	1944.30
		5	529.45	1111.90	2352.61	3646.67	4271.29	4173.77
		8	506.63	1290.49	3685.98	4301.10	4914.58	4631.40
	в клубнях	2	—	—	226.80	3356.77	6140.50	8558.57
		5	—	—	121.36	2603.60	4001.11	5483.23
		8	—	—	178.56	2264.32	3389.31	4675.19

Таблица 2

Динамика роста органического вещества

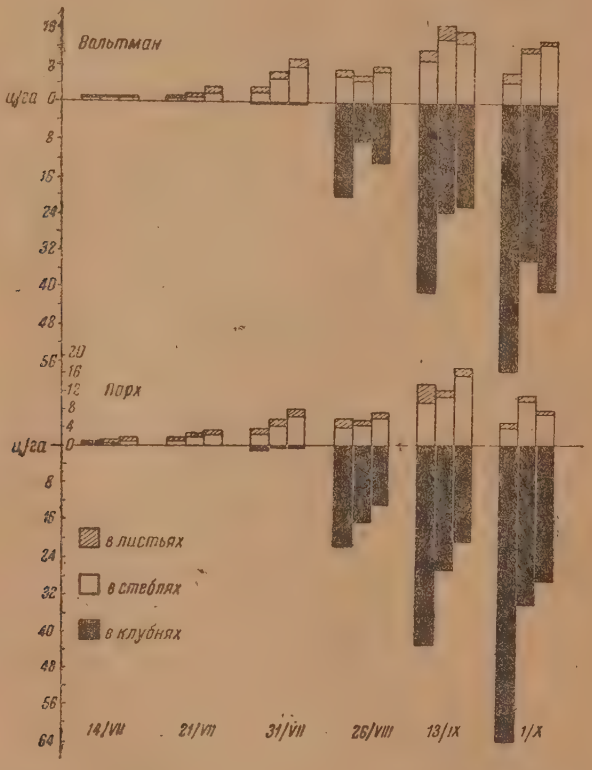
Обозначения делянок; 2 — неудобренная; 8 — навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (перед посевом); 5 — навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (подкормка)

Сорт Вольтман		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14. VII	2 21. VII	3 31. VII	4 26. VIII	5 13. IX	6 1. X
Вес сырого вещества, в кг/га	листьев	2	4735	5 618	8 614	12 972	15 452	4435
		5	7286	12 193	15 148	13 294	15 223	4438
		8	7580	17 576	15 039	13 212	18 372	3957
	стеблей	2	2442	4 119	11 236	19 684	21 365	13 346
		5	5984	8 697	40 386	45 844	41 116	55 765
		8	6022	15 906	57 060	54 145	61 100	59 236
	клубней	2	—	—	378	13 400	24 553	29 297
		5	—	—	166	7 395	15 356	19 937
		8	—	—	708	10 529	17 122	22 820
Процент сухого вещества	в листьях	2	13.61	13.73	13.86	14.67	12.80	35.51
		5	9.79	10.93	12.55	12.56	11.81	25.83
		8	11.17	11.07	12.36	14.13	10.76	27.66
	в стеблях	2	7.49	6.90	9.42	11.95	13.99	20.76
		5	6.70	5.39	7.14	8.69	11.15	11.77
		8	6.33	4.27	7.57	9.04	8.69	12.07
	в клубнях	2	—	—	15.02	22.34	24.44	26.57
		5	—	—	13.26	18.13	20.95	22.03
		8	—	—	11.33	19.10	19.50	23.47
Количество сухого вещества, в кг/га	в листьях	2	644.43	771.13	1193.90	1906.9	1977.86	1574.87
		5	713.30	1322.69	1901.07	1675.1	1797.84	1145.10
		8	846.69	1945.66	1858.82	1862.9	1976.83	1094.51
	в стеблях	2	182.91	284.21	1058.43	2352.24	2991.10	2770.63
		5	400.93	468.77	2867.40	3983.84	4584.43	6563.54
		8	381.19	679.19	4319.44	4894.71	5309.59	7167.60
	в клубнях	2	—	—	56.78	2993.56	6000.75	7784.21
		5	—	—	22.01	1310.71	3217.08	4392.12
		8	—	—	80.22	2011.04	3338.79	5355.85

на удобренных делянках сравнительно большое количество образовавшегося крахмала не доходило до клубней, а шло на образование стеблей (на удобренных делянках вес сухого вещества стеблей приблизительно равен весу сухого вещества клубней, в то время как на неудобренных делянках вес сухого вещества стеблей равен половине или одной трети веса сухого вещества клубней), а с другой — отчасти и тем, что листовая поверхность удобренных делянок находилась в не совсем нормальных условиях, вследствие полегания стеблей.

Динамика накопления крахмала

Результаты исследований по накоплению крахмала приведены в табл. 3 и 4 (фиг. 2).



Фиг. 2. Динамика крахмала. Верх колонок (над горизонтальной линией) — листья; низ колонок — стебли; колонки под горизонтальной линией — клубни

Из этих данных видно, что для обоих сортов картофеля кривые накопления крахмала как по процентному содержанию его в разных органах картофеля, так и по количеству его в кг/га вполне аналогичны кривым роста органического вещества. По процентному содержанию как крахмала, так и органического вещества неудобренные делянки значительно превосходят удобренные делянки. То обстоятельство, что процентное содержание крахмала в листьях и стеблях на неудобренных делянках значительно выше, чем на удобренных, говорит о том, что низкий процент крахмала в клубнях на удобренных делянках, особенно резко выраженный у сорта Лорх, не может быть объяснен ни напря-

Таблица 3

Динамика роста крахмала

Обозначения делянок: 2 — неудобренная; 8 — навоз + NPK (перед посевом); 5 — навоз + NPK (подкормка)

Сорт Вольтман		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14. VII	2 21. VII	3 31. VII	4 26. VIII	5 13. IX	6 1. X
Процент крахмала на абсолютно сухое вещество	в листьях	2	6.31	9.79	11.25	8.45	29.06	9.43
		5	6.74	7.50	8.92	7.96	18.62	10.18
		8	4.17	8.03	9.87	6.93	13.56	7.91
	в стеблях	2	14.81	16.37	19.53	23.26	30.95	15.07
		5	11.79	14.47	17.50	11.85	30.58	16.82
		8	12.90	19.93	17.17	13.82	24.76	17.81
Процент крахмала на сырое вещество	в листьях	2	0.86	1.31	1.56	1.24	3.72	3.35
		5	0.66	0.82	1.12	1.00	2.20	2.63
		8	0.49	0.89	1.22	0.98	1.46	2.19
	в стеблях	2	1.11	1.13	1.84	2.78	4.33	3.13
		5	0.79	0.78	1.25	1.03	3.41	1.98
		8	0.76	1.05	1.30	1.25	2.15	2.15
	в клубнях	2	—	—	5.32	15.12	16.87	19.87
		5	—	—	3.08	11.51	14.62	17.14
		8	—	—	3.04	12.09	13.17	17.74
Количество крахмала, в к г/га	в листьях	2	40.72	73.59	134.38	160.85	574.80	148.50
		5	48.08	99.98	169.66	132.94	334.90	116.72
		8	37.14	156.42	183.47	129.48	268.20	86.60
	в стеблях	2	27.10	46.54	206.70	547.21	925.10	417.70
		5	44.30	67.83	504.83	472.20	1402.0	1104.0
		8	45.76	167.01	741.78	676.80	1313.60	1273.57
	в клубнях	2	—	—	20.10	2026.0	4142.0	5821.30
		5	—	—	5.11	851.20	2243.50	3417.20
		8	—	—	21.52	1272.80	2254.90	4048.20

Таблица 4

Динамика роста крахмала

Обозначения делянок: 2 — неудобренная; 8 — навоз + NPK (перед посевом); 5 — навоз + NPK (подкормка)

Сорт Лорх		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14. VII	2 21. VII	3 31. VII	4 26. VIII	5 13. IX	6 1. X
Процент крахмала на абсолютно сухое вещество	в листьях	2	6.79	9.15	12.06	10.29	25.94	9.66
		5	6.94	8.89	9.93	7.22	11.04	10.28
		8	7.64	8.36	7.82	7.88	13.28	8.96
	в стеблях	2	11.94	17.33	27.34	25.30	38.40	16.80
		5	11.18	15.95	17.68	12.03	24.16	19.46
		8	16.09	16.95	17.16	13.40	30.40	14.07
Процент крахмала на сырое вещество	в листьях	2	0.98	1.16	1.51	1.41	3.43	3.55
		5	0.68	0.99	1.19	0.85	1.16	2.98
		8	0.78	0.86	0.93	0.90	1.39	2.53
	в стеблях	2	1.03	1.17	1.81	2.86	5.55	3.90
		5	0.69	0.86	1.19	0.87	2.02	2.71
		8	1.13	0.88	1.03	1.07	2.91	1.82
	в клубнях	2	—	—	5.36	14.35	16.07	18.34
		5	—	—	4.08	10.86	12.62	11.80
		8	—	—	3.65	10.21	10.80	10.55
Количество крахмала, в кг/га	в листьях	2	41.79	81.58	160 86	163.09	405.40	133.40
		5	76.40	108.39	161.73	99.04	155.44	116.50
		8	68.22	94.92	159.19	125.36	176.02	85.00
	в стеблях	2	35.26	91.52	211.66	399.20	919.24	326.70
		5	59.20	177.40	415.90	438.80	1032.00	812.50
		8	81.50	218.80	632.75	575.26	1494.40	651.90
	в клубнях	2	—	—	90.32	2179.60	4383.70	6534.70
		5	—	—	40.70	1719.90	2771.30	3535.60
		8	—	—	53.50	1345.70	2145.50	2965.90

женностью фотосинтетической реакции, ни недостаточностью оттока крахмала или торможением отводящих крахмал в клубень путей. Основная причина этого явления заключается в том, что на удобренных делянках, как уже упоминалось, значительно отставало развитие растений, при одновременном большем росте вегетативной массы, по сравнению с неудобренными делянками, вследствие чего значительная часть образовавшегося органического вещества (главным образом, крахмала) шла не на пополнение запаса клубней, а на увеличение веса стеблей. На малый процент крахмала в листьях удобренных делянок влияло также в некоторой степени и полегание ботвы.

Если же судить об урожае картофеля по количеству накопленного стеблями и клубнями органического вещества, то удобренные делянки, как это видно из табл. 5 и 6, не только не отстали заметно от неудобренных делянок, но в первые сроки развития значительно превосходили их. Лишь к 13 сентября неудобренные делянки по количеству органического вещества догнали и даже немного перегнали удобренные делянки. (Все показатели шестого срока, как по органическому веществу, так и по крахмалу, несколько искажены, вследствие возможных потерь побитых морозом листьев и — в меньшей степени — стеблей.)

Таблица 5

Сорт Лорх	№ делянки	Сроки взятия проб					
		1	2	3	4	5	6
Количество сухого вещества в стеблях и клубнях, в кг/га	2	295.2	528.1	1000.9	4934.0	8533.8	10502.9
	5	529.5	1111.9	2774.0	6250.3	8272.3	9657.0
	8	506.6	1290.5	3864.6	6565.1	8303.9	9306.6
Отношение веса сухого вещества в стеблях и клубнях к весу сухого вещества листьев	2	0.48	0.59	0.75	3.11	5.46	7.81
	5	0.48	0.91	1.52	4.47	5.88	8.61
	8	0.57	1.14	1.90	4.13	6.32	9.76
Количество крахмала в стеблях и клубнях, в кг/га	2	35.3	91.5	302.0	2578.8	5302.9	6861.4
	5	59.2	177.4	456.6	2158.7	3803.3	4348.1
	8	81.5	218.8	686.2	1921.0	3639.9	3617.8
Отношение веса крахмала клубней и стеблей к весу сухого вещества листьев	2	0.06	0.10	0.23	1.63	3.40	4.97
	5	0.05	0.15	0.28	1.55	2.70	3.84
	8	0.09	0.19	0.34	1.21	2.81	3.98
Отношение веса крахмала клубней к весу сухого вещества листьев	2	—	—	0.07	1.37	2.80	4.73
	5	—	—	0.02	1.22	1.96	3.12
	8	—	—	0.03	0.84	1.61	3.11

Удобренные делянки вначале заметно превышали неудобренные делянки также и по количеству крахмала в стеблях и клубнях, и лишь начиная с четвертого срока последние начинают резко обгонять первые. Причина этого, как уже отмечалось, лежала в недостаточности развития листовой поверхности удобренных делянок, благодаря большой загущенности стеблей. Если условно о суммарной усвояющей способности листьев всех ярусов судить по количеству органического вещества стеблей и клубней, приходящемуся на одну весовую единицу

Таблица 6

Сорт Вольтман	№ делянки	Сроки взятия проб					
		1	2	3	4	5	6
Количество сухого вещества в стеблях и клубнях, в кг/га	2	182.9	284.2	1115.2	5345.8	8991.8	10554.8
	5	400.9	468.8	2889.4	5324.5	7801.4	10955.6
	8	381.2	679.2	4399.7	6905.7	8648.4	12522.6
Отношение веса сухого вещества в стеблях и клубнях к весу сухого вещества листьев	2	0.28	0.37	0.93	2.80	4.55	6.70
	5	0.57	0.35	1.51	3.17	4.33	9.56
	8	0.45	0.34	2.36	3.70	4.37	11.44
Количество крахмала в стеблях и клубнях, в кг/га	2	27.1	46.5	226.8	2573.2	5067.1	6239.0
	5	44.3	67.8	509.9	1323.4	3645.5	3922.6
	8	45.8	167.01	763.3	1949.8	3568.5	5322.8
Отношение веса крахмала стеблей и клубней к весу сухого вещества листьев	2	0.04	0.06	0.18	1.34	2.56	3.96
	5	0.06	0.05	0.27	0.79	2.02	3.42
	8	0.05	0.9	0.41	1.04	1.80	4.86
Отношение веса крахмала клубней к весу сухого вещества листьев	2	—	—	0.02	1.06	2.09	3.70
	5	—	—	0.003	0.50	1.25	2.46
	8	—	—	0.01	0.68	1.14	3.70

листьев (точнее было бы считать на единицу поверхности листьев), то поведение показателей этой усвояющей способности (табл. 5 и 6) вполне аналогично поведению сухого вещества стеблей и клубней, а именно: вначале показатели усвояющей способности листьев для удобренных делянок выше, чем для неудобренных, в конце (пятый срок) они сближаются. При этом величины показателей, как и следовало ожидать, с течением времени прогрессивно нарастают. Несколько иное поведение показателей наблюдается для продуктивной усвояющей способности листьев, — если под последней понимать количество крахмала стеблей и клубней, приходящееся на одну весовую единицу листьев. В этом случае величины показателей для продуктивной усвояющей способности листьев аналогичны величинам крахмала стеблей и клубней, а именно: в течение первых трех сроков показатели для продуктивной усвояющей способности листьев выражаются небольшими цифрами, притом несколько большими для удобренных делянок по сравнению с неудобренными. В дальнейшем же эти показатели, постепенно увеличиваясь в абсолютных цифрах, достигают в то же время наибольшего выражения на неудобренных делянках.

Еще более резкое преобладание для неудобренных делянок приобретают показатели продуктивной усвояющей способности листьев в том случае, когда способность эта измеряется количеством крахмала клубней, приходящимся на одну весовую единицу листьев. Собственно, последняя величина и представляет наибольший практический интерес, так как только крахмал клубней идет для пищевых и технических надобностей. Но если о деятельности листьев судить только по этой величине, то в данном случае получается, что работоспособность листьев неудобренных делянок в два раза выше работоспособности листьев удобренных делянок, а это, как мы видели выше из показателей, рассчитанных по сумме органического вещества стеблей и клубней, не отвечает действи-

тельному положению вещей. Слабой стороной рассматриваемого опыта было ограниченное развитие листьев на удобренных делянках, обусловленное в свою очередь большой густотой стояния стеблей. Густота же стеблей появилась не сразу, она нарастала постепенно, благодаря обильному питанию (азотному в первую очередь) и наличию достаточных количеств тепла и влаги, стимулирующих развитие вегетативной массы. На неудобренных делянках, лишенных больших запасов питательных веществ, такой загущенности стеблей не наблюдалось.

Здесь мы подошли к очень крупному принципиальному вопросу, имеющему большое значение для культуры картофеля.

На основании всего вышеизложенного, а также исходя из биологических закономерностей, установленных в садоводстве и лесоводстве, мы считаем, что принятые в СССР для всех почвенно-климатических зон и для огромного большинства сортов картофеля одинаковые размеры площадей питания не имеют под собой никакой теоретической базы. Из практики лесоразведения мы знаем, что если преследуются цели получения строевого леса (выгонка стеблей), то деревья сажаются загущенно, с предоставлением сравнительно небольших площадей питания; если же преследуются цели получения семян и плодов (например, желудей, шишек), то деревья сажаются изреженно, с соблюдением больших площадей питания.

Для усиленного образования ветвей и листьев (а следовательно, плодов и семян) в лесоводстве и особенно в садоводстве пользуются срезанием точек роста и укорочением стебля. Так как при культуре картофеля преследуются цели получения высокого урожая клубней, то вполне естественно, что в этом случае должны приниматься и соответствующие меры, основной задачей которых должно быть уменьшение длины стеблей и увеличение листовой поверхности. Состояние науки в данное время не дает нам права широко рекомендовать применение чеканки стеблей картофеля (этот прием должен быть разработан и испытан на опытных участках). Но зато можно с большим успехом и на сравнительно больших площадях разрешать эту задачу регулированием площадей питания. Для одного и того же сорта картофеля в одном и том же районе оптимальные площади питания будут разные, в зависимости от обеспеченности почвы питательными веществами и водой. Возьмем для примера рассмотренные нами сорта картофеля Вольтман и Лорх, возделываемые на дерново-подзолистых почвах. При малом запасе в почве питательных веществ (для простоты решения задачи будем считать состояние влажности почвы в данном случае оптимальным) лучшей площадью питания для этих сортов будет, скажем, 60 × 30 см. Урожай клубней картофеля в этом случае будет колебаться в пределах 150 ц/га. При среднем обеспечении почвы питательными веществами, достаточными для получения урожая клубней в 300 ц/га, площадь питания 60 × 30 см уже будет недостаточной. При этой площади питания будет наблюдаться сравнительно большое развитие стеблей, стебли будут уплотнять друг друга, будут вследствие этого тянуться вверх и полегать. В результате будет недостаточное развитие листьев и недостаточное накопление крахмала в клубнях. В этом случае площадь питания должна быть увеличена, скажем, до 70 × 35. И, наконец, если достаточно окультуренная почва обеспечивается в то же время обильным запасом питательных веществ, достаточным, положим, для урожая 600 ц/га клубней и выше, то в этом случае площадь питания 70 × 35 уже будет недостаточной. При площади питания в 70 × 35 см (или 60 × 40), как мы видели по результатам описанного нами опыта, будет происходить бурное развитие стеблей в длину, стебли будут полегать, вследствие чего будет недостаточное развитие листьев и недостаточное образование клубней. Урожай клубней в этом случае будет значительно снижен. Чтобы получить ожидаемый урожай, площадь питания должна быть повышена примерно до 90 × 40 (или 60 × 60).

Для проверки этого заключения нами при окончательной уборке урожая было подсчитано число кустов на га с учетом увеличенных площадей питания,

происшедших вследствие первых трех прореживаний при взятии проб на анализ (увеличение площадей питания вследствие 4, 5 и 6 прореживаний при взятии проб не было принято во внимание, так как после третьего срока прирост листьев на удобренных делянках прекратился). В этом случае число кустов на 1 га вместо 41 тысячи равнялось 30 тысячам (площадь питания была близка к 80×40 см). При таком учете были получены следующие урожайные данные (табл. 7):

Таблица 7

Схема	Урожай в ц/га	
	сорт Лорх	сорт Вольтман
Без удобрений	237.6	234.4
Навоз 60 т + NPK (перед посевом)	320.7	283.0
Навоз 60 т + NPK (подкормка) . .	332.0	272.5

Из сопоставления приведенных данных с данными табл. 1 и 2 видно, что увеличение площади питания (даже такое несовершенное, как в рассматриваемом случае) в условиях нашего опыта сопровождалось снижением урожая клубней картофеля на неудобренных делянках и повышением урожая на удобренных делянках.

Интересно также отметить, что в описанном нами опыте урожай клубней на крайних защитных рядках, граничащих с метровой дорожкой, был в два-три раза выше, чем на учитываемых рядках с площадью питания 60 × 40 см.

Можно предполагать, что на уменьшение развития стеблей и усиление развития листьев и клубней, кроме увеличенных площадей питания и чеканки точек роста, должно также положительно влиять увеличение числа окучиваний, увеличение объема присыпаемой к кусту почвы и подрезание корневой системы при прохождении в почве окучника. Для увеличения эффекта от последнего приема необходимо, пока для опытных целей, увеличить ширину захвата режущей части наральника корпуса окучника или ширину захвата лапы культиватора.

В этом случае подрезка корневой системы у картофеля, особенно при сравнительно глубоком прохождении подрезающих частей машины, будет значительно больше, чем при работе с обычными рабочими органами. Вполне очевидно, что подобное увеличение подрезания корней у картофеля должно производиться при последнем окучивании. Подрезание корневой системы будет ослаблять поступление питательных веществ и воды, а следовательно, и развитие ботвы.

Кроме этого, подрезание корней будет оказывать стимулирующее действие на развитие картофельного растения [Шлюмбергер (Schlumberger, 1926)].

По всем этим соображениям при подрезании корневой системы будет ускоряться развитие картофеля, что для поздних сортов, в условиях обильного снабжения растения питательными веществами и водой, будет иметь положительное значение.

Так должны примерно регулироваться площади питания при достаточно частом выпадении осадков. В случае же несколько недостаточного выпадения осадков приведенные в нашем примере площади питания должны быть уменьшены, дабы посадка картофеля была более загущенной. Вполне очевидно также, что площади питания должны быть несколько уменьшены при замене поздних и поздне-средних сортов средними и ранними. Высказанные нами соображения приложимы только к достаточно обеспеченным осадками районам умеренной полосы. В пределах СССР это будут районы подзолистых почв, серых лесных земель и северной части выщелоченных и деградированных черноземов и отчасти

мощных черноземов, кроме юго-восточного их языка, лежащего в зоне недостаточного увлажнения.

При переходе от северных районов к южным (мощные, в некоторой части выщелоченные, обыкновенные, южные и предкавказские черноземы), независимо от степени обеспеченности их влагой, предложенный нами принцип по отношению к размерам площадей питания должен быть резко изменен, несмотря на то, что до сих пор как в теории, так и в практике сельского хозяйства строго выдерживаются одни и те же площади питания как в южных, так и в северных районах*.

Основанием для изменения площадей питания в южных районах служат следующие предпосылки.

Южные районы характеризуются значительно более низкой относительной влажностью воздуха и значительно более высоким испарением растениями воды. Вследствие этого у огромного большинства растений значительно слабее развиваются стебли в длину и вообще слабее развиваются вегетативные органы, сокращается вегетационный период и усиливается развитие репродуктивных органов. Благодаря этим именно причинам лен-долгунец, будучи высеян в южных районах, превращается в кудряш. С другой стороны, и масличные льны, будучи перенесены из южных районов в северные, ведут себя, как долгунцы. Можно и в пределах обрисованной нами умеренной зоны («северные районы» — по нашей терминологии) создать такие условия по содержанию влаги в воздухе (относительная влажность) и испарению растением воды (скорость ветра), что любое растение, находясь в этих условиях, будет чувствовать себя так, как чувствует оно себя на юге. Нами был проведен на эту тему в 1927 г. в Москве специальный опыт с ячменем и льном-долгунцом. Опыт целиком подтвердил высказанные выше положения (Ахромейко, 1933а).

Второй особенностью, отличающей южные районы от северных, является более короткий день на юге. Многие растения в условиях короткого дня слабее развивают вегетативную массу, укорачивают свои стебли и сокращают вегетационный период. Аналогичным образом ведет себя на коротком дне и картофель.

Наконец, в южных районах, как правило, бывает более высокая температура воздуха и почвы, что при меньшей относительной влажности воздуха также ведет к уменьшению развития вегетативной массы и к укорочению вегетационного периода.

Все эти причины влияют на развитие картофеля в более южных районах в одном и том же направлении, а именно: картофель в южных районах слабее развивает вегетативную массу, укорачивает свои стебли и сокращает вегетационный период. Поэтому в южных районах, пригодных для развития картофеля по своим почвенным и климатическим условиям (наличие влаги, температура), площади питания под картофелем должны быть меньшими, чем в северных районах. Уменьшая площади питания в южных районах, мы не рискуем вызвать чересчур обильное развитие вегетативной массы и в частности удлинение стеблей и полегание их даже в условиях обильного снабжения почвы питательными веществами. Увеличивая же число кустов на 1 га, мы тем самым увеличим урожай клубней. Кроме этого, в условиях загущенных посадок картофеля и, следовательно, относительно большего развития ботвы, будет наблюдаться большее затенение почвы, вследствие чего почва будет меньше прогреваться, а это в свою очередь в южных районах имеет колоссальное значение, так как при высокой температуре почвы (выше 19°) прекращается клубнеобразование. Без специальных опытов по этому вопросу трудно указать сейчас, какие площади питания и при каком обеспечении почвы питательными веществами будут оптимальными для развития картофеля в южных районах. Во всяком случае можно полагать, что даже для стахановских урожаев, порядка 600—800 ц/га, площадь питания в 70 × 35 см не будет малой. Скорее она будет несколько преувеличенной. Можно думать,

* В некоторых случаях в южных районах практикуются даже большие площади питания, чем в северных.

что при средней обеспеченности почвы питательными веществами вполне достаточной площадью питания будет 60 × 30 см. При высокой же обеспеченности почвы питательными веществами площадь питания может быть повышена до 70 × 30 (60 × 35) или 70 × 35 (60 × 40).

Так как длина дня, температура воздуха и почвы, скорость испарения растением воды и относительная влажность воздуха постепенно изменяются при передвижении с севера на юг (или, точнее, с северо-запада на юго-восток), то вполне очевидно, что и шкала уменьшения площадей питания будет иметь постепенный, скользящий вид при передвижении с северо-запада на юго-восток.

Чтобы не быть ложно понятыми, здесь необходимо оговориться, что во всех наших рассуждениях о площадях питания мы имели в виду не получение высоких урожаев крупных клубней, а получение высоких урожаев средних клубней, вполне пригодных для спиртовой промышленности, обладающих к тому же часто более высоким процентом крахмала по сравнению с крупными клубнями.

Обращаясь к литературе по площадям питания, необходимо отметить, что, несмотря на обилие работ в этой области, экспериментальных исследований, подтверждающих высказанные нами положения, имеется весьма ограниченное число, причем и имеющиеся исследования распространяются лишь на одну область, одну зону (главным образом, умеренную). Работ же, свидетельствующих о зависимости площадей питания не только от обеспеченности почвы питательными веществами, но и от географического положения той или иной области, нам неизвестно. Объясняется это, главным образом, тем, что почти все государства Западной Европы лежат в пределах одной определенной климатической зоны; таким образом, у них нет ни стимулов, ни возможностей для проведения подобных исследований.

Для германских условий правильное решение вопроса о зависимости площадей питания от плодородия почвы дает Реми (1928) (табл. 8).

Таблица 8

Чистый урожай, в кг на 0.01 га

Площадь на 1 растение, в см²	Высеяно клубней	Условия для развития картофеля		
		очень благоприятные	довольно благоприятные	посредственные
1600	31	255	227	132
2025	25	269	240	139
2500	20	271	258	130
3600	15	299	236	113
4900	10	282	204	89

Зависимость площадей питания от разных сортов установлена в работе Шнейдера (1932): для более поздних сортов и с большим развитием ботвы нужны большие площади питания, чем для более ранних сортов и с меньшим развитием ботвы.

Во Франции для поздних сортов площадь питания принята 60 × 80 см, для средних — 40 × 60 см ([26]).

В Америке ширина междурядий колеблется от 80 до 90 см с расположением клубней в рядке на расстоянии 25—35 см [Клейпул и Моррис (Claypool a. Morris, 1931); Эдмундсон (Edmundson, 1935); Дженкинс (Jenkins, 1934)]. Часто в Америке, особенно в условиях полива, в одно гнездо помещается два клубня (Клейпул и Моррис, 1931).

В русской литературе описано сравнительно большое количество опытов, в которых изучалось влияние площадей питания на урожай и крахмалистость картофеля. Основное отличие большинства этих опытов заключалось в том, что они проводились на слабо удобренных почвах и не сопровождались тщательной агротехникой; поэтому полученные в них урожаи не превышали 200—

250 ц/га, и вследствие этого эти опыты не могут служить материалом для подтверждения выдвинутых нами выше положений. Однако результаты этих опытов могут служить основанием для выбора крайней нижней границы в выдвинутой нами шкале площадей питания и с этой точки зрения подлежат рассмотрению. Вторая особенность большинства этих опытов (проводившихся как в дореволюционное время, так и в первые годы после революции) заключается в том, что многие площади питания в них были рассчитаны на ручную обработку (обслуживание единоличного хозяйства) и уже по одному этому не могут быть в настоящее время введены в практику в виду полной невозможности применения механизации в этом случае. Второй причиной, не позволяющей вводить подобные площади питания (например, 35 × 35 или 53 × 35 см) в настоящее время, является их полная непригодность для хорошо удобренных фонов, и, следовательно, для получения высоких урожаев.

После победы в СССР колхозного строя встал вопрос о внедрении в возделывание картофеля механизации. Начиная с этого времени опытные учреждения стали изучать только такие площади питания, которые позволяют широко применять механизацию.

Некоторые результаты опытов как первого периода, так и второго периода приводятся в табл. 9 ([5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15]).

Из ознакомления с приведенными данными видно, что для подавляющего числа случаев оптимальная площадь питания для получения урожая клубней, не превышающего 250 ц/га, лежит в пределах 70 × 35 см, причем в южных и юго-восточных районах имеется тенденция к уменьшению площади питания (Сталинградский оп. п., Анучинская оп. ст., Ново-Уренская оп. ст.); в более же северных и северо-западных районах — к увеличению площади питания (Харьковская оп. ст., Воронежская оп. ст., Елецкое оп. п., Минская оп. ст.). Площадь питания — 35 × 35 см — только в одном случае была более эффективной, чем другие больших размеров площади питания (Ново-Уренская оп. ст.) Независимо от того, является ли эта цифра (211 ц/га) достоверной или случайной, площадь питания 35 × 35 см является абсолютно не перспективной.

В некоторых случаях к изучению площадей питания был проявлен и более правильный методический подход: площади питания изучались на фоне разной заправленности почвы навозом и при разной крупности посадочного материала. Результаты Полесской оп. ст. ([10]), Алексеевского оп. п. ([11]) и Мощно-Городищенского хозяйства об-ва Сахарозаводчиков ([17]) подтвердили, что с увеличением размеров посадочного материала, а также норм навозного удобрения, размеры оптимальных площадей питания увеличиваются.

Подобный же опыт, проведенный песчано-картофельным оп. полем ([6]), не подтвердил этой закономерности, видимо, вследствие недостаточно высоких норм навоза (9, 18 и 27 т/га), недостаточной крупности клубней, а также слишком легкого механического состава почв.

Последнее подтверждается данными опыта Венка (1936), показывающими, что только при посадке очень крупными клубнями (120 г) и только на тяжелой почве площадь питания 70 × 50 см дала несколько лучший эффект, чем площадь питания 70 × 25 см. На песчаной же почве при любой крупности клубней преимущество осталось за площадью питания 70 × 25 см.

Ценное и всестороннее освещение рассматриваемого вопроса содержится в работах акад. Д. Н. Прянишникова (1922).

Данные табл. 1, 2, 3 и 4 показывают, что в условиях описанного нами опыта урожай клубней сорта Лорх как по сырому веществу, так по крахмалу и сухому веществу на неудобренной делянке заметно превысил урожай клубней сорта Вольтман. На удобренных же делянках получилось расхождение: внесение всех удобрений перед посадкой оказало лучшее действие на сорт Вольтман и худшее действие на сорт Лорх по сравнению с вариантом, в котором половина минеральных удобрений вносилась в виде двух подкормок. В расхождении этом едва ли можно усматривать закономерность, скорее оно зависело от случайных

Таблица 9

Чистый урожай клубней, в ц/га

Наименование опытных учреждений	Число лет опыта	Площадь питания, в см					
		71 × 71	71 × 53	71 × 35	53 × 53	53 × 35	35 × 35
Анучинская оп. ст. . . .	14	110	—	125	123	132 (60 × 27)	—
Безенчукская оп. ст. . . .	12	108	—	—	118	—	97
Бузулукское оп. п.	8	—	77	79	88	—	—
Тамбовская оп. ст.	8	—	143	154	147	139	—
» » »	3	—	131	145	145	—	—
Анненковская оп. ст. . . .	6	157	169 (63 × 63)	171 (63 × 53)	158	158 (45 × 45)	161
Ново-Уренская оп. ст. . .	2	—	181	183 (71 × 40)	167	—	211
Минская оп. ст.	2	—	153 (63 × 63)	164 (63 × 53)	157	153	—
Харьковская оп. ст. . . .	1	—	203	—	195	180	—
Вырыпаевское оп. п. (б. Анненковская оп. ст). . . .	1	145	133	118 (71 × 40)	—	—	68

Урожай клубней, в ц/га

Наименование опытных учреждений	Год проведения опыта	Площадь питания, в см							
		60 × 45	70 × 30	70 × 35	70 × 40	70 × 45	70 × 50	80 × 30	80 × 45
Белорусская оп. ст.	1935	172	179	216	198	197	174	194	170
» » » (запас крахмала) .	1935	31.8	34.8	41.0	37.1	37.4	34.7	37.2	34.3
Оболянский оп. п. .	1935	198	187	206	174	200	153	158	164
Воронежская оп. ст.	1937	220	221	228	244	233	215	240 (80 × 35)	216
» » » (запас крахмала) .	1937	39.1	37.6	39.2	41.0	41.5	32.8	42.8	36.7
Давыдовский опор. п.	1937	252	267	269	253	245	232	256	256
» » » (запас крахмала) .	1937	45.5	48.8	49.3	46.3	45.1	43.6	46.5	46.8
Сталинградск. опор. п.	1934	226	292	243	209	192	196	—	214 (60 × 60)
Крымский опор. п. .	1934	65	57	52	58	57	57	67 (80 × 35)	64
Азово-Черноморский оп. п.	1934	89	80	79	82	97	83	97	86
Сев.-Кавказск. оп. п.	1934	128	120	118	110	120	114	—	—
Елецкое оп. п. . . .	1931	129	119 (50 × 45)	—	—	161	135 (60 × 60)	—	130 (90 × 45)

причин. Нельзя также усмотреть определенной закономерности и в расхождении других показателей обоих сортов по обоим удобренным вариантам (органическое вещество, процент сухого вещества, процент крахмала в листьях, стеблях и клубнях).

Цифровые данные по количеству корней, собранных в объеме кома почвы, выкапываемого при взятии проб клубней, не представляют никакого интереса, поэтому они нами опущены (вес сухого вещества корней колебался в пределах 20—50 кг/га).

Из табл. 3 и 4 видно, что процентное содержание крахмала в листьях и стеблях с наступлением осени резко возросло, достигнув наибольшей величины на неудобренных делянках. При этом высокий процент крахмала как в стеблях, так и в листьях держался только до наступления первых, побивших ботву, заморозков, после чего содержание крахмала вновь понизилось. Так как по мере приближения к уборке картофеля в листьях и стеблях наблюдалось также повышение процента сухого вещества, достигшего наибольшей величины после побития ботвы морозами, то отсюда следует, что о реальном увеличении процентного содержания крахмала в листьях и стеблях можно судить лишь по проценту крахмала, рассчитанному на абсолютно сухой вес.

Повышение содержания крахмала в листьях и стеблях в осенний период, несомненно, связано с понижением температуры в это время — главным образом ночью. Днем в сентябре 1937 г. было еще достаточно тепло и поэтому ассимиляционная способность листьев картофеля была выражена в это время еще достаточно полно. Наличие же ночных холодов сводило почти до нуля расход накопленных за день углеводов на дыхание. Все это вело к повышению содержания углеводов в листьях. (Кроме крахмала, вследствие пониженных температур, в листьях и стеблях могло содержаться в это время и некоторое количество сахаров. Так как крахмал мы переводили путем гидролиза в глюкозу, то вполне очевидно, что в этом случае были учтены в виде крахмала и находящиеся в листьях и стеблях сахара.) Известно, что на Памире, благодаря наличию этих именно условий (теплая, ясная погода днем и небольшие ночные заморозки), происходит очень быстрое развитие картофеля (в течение 35—40 дней). Не вполне ясна причина высокого содержания в осеннее время крахмала в стеблях картофеля. Возможно, что стебли картофеля вообще обладают не очень высокой способностью по транспортированию углеводов из листьев в клубни. Наличие же сентябрьских холодов в еще большей степени способствовало торможению оттока углеводов в клубни картофеля. Здесь могло сказаться и уменьшение растворимости углеводов, и изменение ферментативной деятельности растения, и уменьшение проницаемости и диаметра сосудов и т. п. Все это вместе взятое, при наличии большого количества синтезированных листьями углеводов, и способствовало тому, что не все количество углеводов успевало поступить в клубни, а часть его — и довольно большая — задерживалась в стеблях и листьях.

Кроме описанного опыта, на ту же тему был проведен также опыт в БССР на Богушевском опорном пункте Всесоюзного научно-исследовательского ин-та спиртовой промышленности. В этом опыте для каждого срока бралось по 12—10 кустов на двух повторностях опыта. Ботва сушилась на месте, клубни же после взвешивания отправлялись в Москву, в агрохимическую лабораторию, в сыром виде. Высушенная ботва (листья не отделялись, к сожалению, от стеблей) также пересылалась в лабораторию. Поступившие в лабораторию ботва и клубни анализировались на содержание влаги, а также на содержание азота, P_2O_5, K_2O и CaO.

Параллельно со взятием проб ботвы и клубней на Богушевском пункте брались также (под кустами клубней) образцы почвы, которые доставлялись в Москву и анализировались на содержание в них подвижных форм азота, P_2O_5 и K_2O, а также суммы поглощенных оснований и форм кислотности.

Схема опыта и результаты по динамике роста органического вещества приводятся в табл. 10.

Из табл. 10 видно, что в то время как урожай ботвы нарастает по мере увеличения доз удобрений, урожай клубней увеличивается только от средней дозы минеральных удобрений. От высокой же дозы удобрений урожай клубней не повысился, а остался на прежнем уровне. Так как в данном опыте не учитывался в отдельности урожай листьев и урожай стеблей, а также совершенно не производились определения крахмала в клубнях, стеблях и листьях по периодам развития, то трудно дать какое-либо объяснение полученным результатам, а также невозможно сказать, в какой мере цифровые данные этого опыта укла-

дываются в предложенную нами схему о зависимости площадей питания от степени обеспеченности почвы питательными веществами и водой. При уборке урожая был определен процент крахмала на весах Парова. Результаты определения приводятся в табл. 11.

Таблица 10

Динамика роста органического вещества

№ делянки	Сорт	Количество сухого вещества, в кг/га	Схема	Сроки взятия проб				
				1 17.VI	2 20.VII	3 10.VIII	4 30.VIII	5 16.IX
1	Вольтман	В ботве	Без удобрения	72.20	562.8	1072.3	1367.4	767.7
2			Навоз 30 т + $N_{60}P_{90}K_{90}$	168.8	2197.0	6181.7	5987.7	2040.4
3			Навоза 30 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	158.3	3692.6	5437.2	8329.2	3226.0
4	Лорх			150.5	2601.4	3276.9	2684.3	1389.1
1	Вольтман	В клубнях	Без удобрения	—	78.4	1473.5	3682.0	4149.2
2			Навоз 30 т + $N_{60}P_{90}K_{90}$	—	142.0	3416.1	5564.0	6420.5
3			Навоз 30 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	—	151.8	2472.7	5828.4	6169.4
4	Лорх			—	289.2	3246.6	6593.4	7379.3

Если судить по абсолютной высоте урожая сухого вещества и урожая крахмала, то можно притти к заключению, что причина сравнительно невысокого урожая, полученного в этом опыте при высоких дозах удобрений, лежит не в недостаточных площадях питания, а в каких-то других условиях опыта, вскрыть которые по недостаточности данных не представляется возможным. Вполне вероятно, что причиной слабого действия минеральных удобрений в данном опыте служила слабая окультуренность почв при легком их механическом составе, вследствие чего растениям недоставало в некоторые периоды воды и сильно повышалось осмотическое давление. Некоторым подтверждением сказанного служит то, что замена в подкормке 12 т навозной жижи минеральными удобрениями в количестве $N_{45}P_{60}K_{60}$ способствовала уменьшению как общего урожая клубней, так и процента крахмала. Увеличение же по этому варианту площади питания с 70 × 35 до 70 × 45 способствовало дальнейшему уменьшению урожая клубней. (С двух упомянутых вариантов пробы для анализов не брались.)

Таблица 11

№ делянки	Количество крахмала	
	в %	в ц/га
1	22.2	29.5
2	21.7	44.3
3	20.5	44.2
4	17.0	49.0

Заслуживает внимания, что урожай клубней сорта Лорх был выше урожая клубней сорта Вольтман как по количеству сухого вещества, так и по количеству крахмала.

Динамика поглощения питательных веществ

Литература по изучению динамики поглощения питательных веществ разными растениями огромна. Пожалуй, нет ни одного культурного растения, которое не подвергалось бы многократному изучению в указанном направлении.

Каждый отраслевой научно-исследовательский институт по сельскому хозяйству, каждая опытная станция считает обязательным для себя изучать динамику поглощения питательных веществ одной или несколькими интересующими данное учреждение культурами.

Интерес к данной проблеме возникал, да и сейчас возникает, хотя и в меньшей степени, по многим причинам. Прежде всего представлялось необходимым выяснить, существует ли какая-либо (и какая именно) зависимость между кривой роста органического вещества у того или иного растения и кривой поглощения этим растением питательных веществ. Далее, большое практическое значение имеет установление для каждого растения тех периодов, в которые данное растение особенно остро нуждается в наличии для себя, в достаточных количествах, тех или иных питательных веществ, что дает основание для разработки рациональной техники внесения удобрений, в том числе и подкормки. Разрешению этого вопроса, несомненно, в большой мере способствует установление кривой поглощения растением питательных веществ. В связи с поднятым стахановцами сельского хозяйства вопросом о разработке научно обоснованных приемов получения высоких и устойчивых урожаев разных культур возникла надобность выяснить ход поступления в растение питательных веществ в условиях стахановской агротехники и стахановских урожаев. Для понимания происходящих внутри растения процессов важно знать не только кривую поглощения питательных веществ целым растением, но и кривую поглощения питательных веществ отдельными органами растения.

Так как в советской литературе совершенно нет данных по динамике поглощения питательных веществ картофелем, выращенным в почвенно-климатических условиях СССР, то представлялось вполне своевременным и целесообразным изучить этот вопрос хотя бы на двух — в данном случае технических — сортах картофеля, культивируемых на разных агротехнических фонах.

В помещаемых ниже таблицах и приводятся результаты этих исследований (во всех таблицах процентное содержание питательных веществ рассчитано на воздушно-сухое вещество, содержание воды в котором колебалось от 8 до 10%).

Динамика поглощения азота

Табл. 12 и 13 показывают, что процент азота во всех частях растения и по всем вариантам с течением времени уменьшается. По абсолютной величине наибольшего выражения процент азота достигает в листьях, среднего — в стеблях и наименьшего — в корнях и клубнях.

Несмотря на огромные различия в содержании в почве подвижного азота на удобренных и неудобренных делянках процентное содержание азота во всех частях растения и для обоих сортов имеет тенденцию к сближению по всем трем агротехническим фонам. Заметно больший процент азота содержится на удобренных делянках лишь в листьях.

Наблюдавшееся в осенние периоды (пятый и шестой сроки) более заметное падение азота во всех частях растения на неудобренных делянках и менее заметное — на удобренных делянках зависело не от недостатка азота на неудобренных делянках, а от того, что развитие растений на неудобренных делянках приближалось к своему естественному концу, в то время как развитие растений на удобренных делянках значительно отстало, и им еще далеко было до своего естественного конца. Вследствие этой же причины кривая падения процентного содержания азота в осенние периоды на неудобренных делянках у сорта Вольтман значительно менее резко выражена, чем у сорта Лорх, так как сорт Вольтман более позднеспелый, чем сорт Лорх.

Отсутствие большой разницы между процентом азота у растений, выращенных на неудобренных делянках, и у растений, выращенных на удобренных делянках, свидетельствует о том, что картофель не является таким растением, которое склонно к накоплению белковых соединений. У картофеля существует своеобразное, очень широкое, близкое к постоянному отношение C : N. Следо-

Таблица 12

Динамика поглощения азота. Обозначения делянок: 2 — неудобренная; 5 — навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (подкормка); 8 — навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (перед посевом)

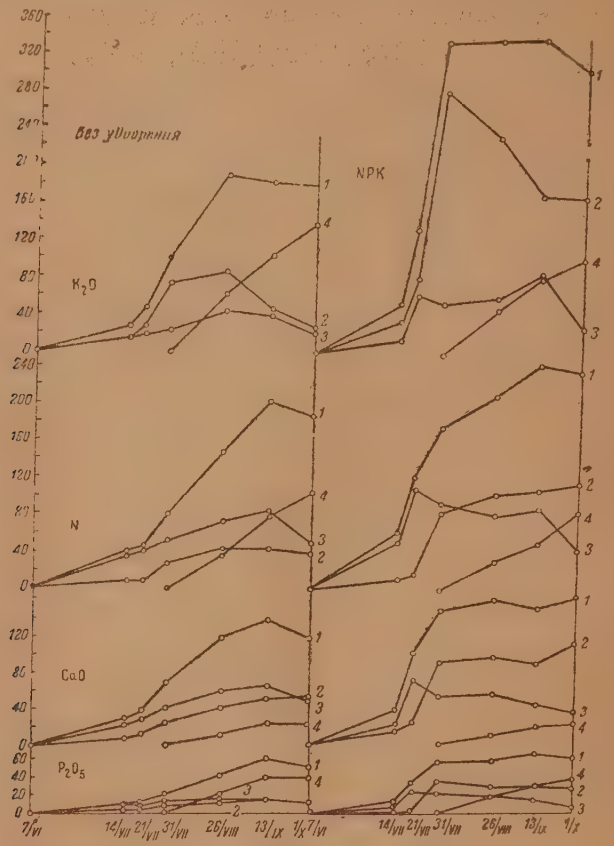
Сорт Лорх		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14.VII	2 21.VII	3 31.VII	4 26.VIII	5 13.IX	6 1.X
Процент азота	в листьях	2	3.77	4.67	4.61	3.55	3.95	2.42
		5	5.20	4.93	4.88	3.61	4.56	3.32
		8	5.12	5.20	4.56	4.22	4.43	3.31
	в стеблях	5	2.75	2.21	1.93	1.87	1.47	1.01
		5	2.54	2.45	1.92	1.74	2.43	2.17
		8	2.73	2.33	2.06	1.72	1.99	1.53
	в клубнях	2	—	—	1.70	1.06	1.24	1.08
		5	—	—	1.94	1.26	1.13	1.63
		8	—	—	1.81	1.50	1.05	1.86
	в корнях	2	1.79	1.42	1.64	1.36	1.08	1.24
		5	1.73	1.61	1.57	1.45	1.33	1.43
		8	2.18	1.52	1.59	1.41	1.43	1.42
Количество азота, в кг/га	в листьях	2	24.58	45.00	67.29	60.79	67.10	36.30
		5	61.12	64.50	85.99	54.52	68.48	40.50
		8	49.17	63.94	86.96	72.44	63.61	34.00
	в стеблях	2	8.72	12.56	16.07	32.16	37.81	21.99
		5	14.52	29.21	48.99	68.46	111.60	99.07
		8	14.90	32.53	81.97	76.89	114.65	78.06
	в клубнях	2	—	—	4.23	39.93	82.23	101.58
		5	—	—	2.59	35.14	48.77	98.19
		8	—	—	3.54	37.78	38.18	98.95
Количество азота в кг/га в целом растении (в листьях, стеблях и клубнях)		2	33.30	57.56	87.59	132.88	187.14	159.87
		5	75.64	93.71	137.57	158.12	228.85	237.31
		8	64.07	96.47	172.47	187.11	216.44	211.61

Таблица 13

Динамика поглощения азота. Обозначения делянок: 2 — неудобренная; 5 — навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (подкормка); 8 — навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (перед посевом)

Сорт Вольтман		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14.VII	2 21.VII	3 31.VII	4 26.VIII	5 13.IX	6 1.X
Процент азота	в листьях	2	4.82	4.35	4.46	3.48	3.79	2.65
		5	5.27	4.93	4.47	4.04	3.98	3.32
		8	5.41	5.18	4.71	3.96	4.12	3.33
	в стеблях	2	2.79	2.07	2.15	1.62	1.30	1.19
		5	2.72	2.32	1.97	1.58	1.96	1.74
		8	2.48	2.09	1.93	1.95	1.86	1.48
	в клубнях	2	—	—	1.87	1.09	1.34	1.22
		5	—	—	1.97	1.45	1.36	1.71
		8	—	—	1.66	1.33	1.34	1.41
	в корнях	2	2.36	1.84	1.83	1.45	1.39	1.33
		5	2.05	1.81	1.71	1.48	1.19	1.44
		8	2.35	2.09	1.75	1.52	1.50	1.45
Количество азота, в кг/га	в листьях	2	33.22	36.09	50.07	71.67	81.52	45.10
		5	40.12	70.88	90.29	73.09	78.07	43.50
		8	49.48	109.61	93.77	79.68	88.84	39.70
	в стеблях	2	5.36	6.33	24.60	41.09	41.99	36.45
		5	11.78	11.64	60.44	70.60	96.49	125.62
		8	10.23	15.33	79.66	103.07	107.48	114.56
	в клубнях	2	—	—	1.16	36.47	77.74	104.13
		5	—	—	0.48	21.63	47.36	82.48
		8	—	—	1.46	29.96	48.58	83.36
Количество азота в кг/га в целом растении (в листьях, стеблях и клубнях)		2	38.58	42.42	74.67	149.23	200.92	186.18
		5	52.00	82.52	150.73	165.32	221.87	251.60
		8	59.71	124.94	173.43	212.71	244.90	237.62

вательно, при всяком дополнительном поглощении и усвоении азота картофелем неизбежно должно поглощаться и превращаться в органическое вещество определенное количество углерода. А так как азотистые белковые вещества, при отсутствии запасных белковых соединений у растения, идут на рост растения, на построение и увеличение его органов, и в первую очередь вегетативных органов, то отсюда понятным становится обильное развитие ботвы у картофеля при обильном азотном питании.

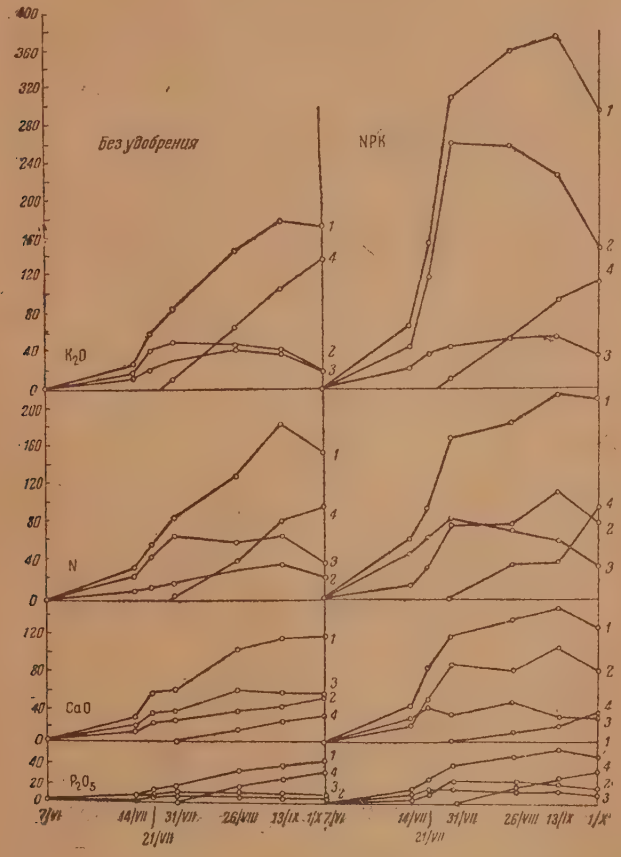


Фиг. 3. Динамика поглощения питательных веществ сортом Вольтман: *1* — сумма, *2* — стебли, *3* — листья, *4* — клубни

Из табл. 12 и 13 видно, что по процентному содержанию азота в разных частях растения сорт Лорх по существу ничем не отличается от сорта Вольтман, если не считать отмеченного выше факта более резкого падения процента азота у сорта Лорх в осенние периоды.

Из данных о количествах азота, поглощенного разными частями растения в разные периоды развития картофеля (фиг. 3 и 4), видно, что в условиях нашего опыта клубни и стебли непрерывно поглощали азот до самой уборки (некоторое уменьшение количества азота во время уборки в стеблях, особенно заметно сказавшееся у сорта Лорх, объясняется неполным сбором урожая стеблей в этот период, так как стебли, равно как и листья, были побиты морозом и частично опали), в то время как листья достигли максимума в поглощении азота к третьему сроку, т. е. к 31 июля. В дальнейшем содержание азота в листьях или стабилизировалось, или же имело тенденцию к падению. Исключение представляет лишь

один вариант — неудобренная делянка у сорта Вольтман, листья которого поглощали азот вплоть до пятого срока. А так как листья являются рабочими органами растения, то можно заключить, что внесение азотной подкормки под технические сорта картофеля должно быть прекращено до 31.VII. Так как внесенное удобрение не сразу приходит в соприкосновение с корневой системой растения, предельным сроком для внесения азотной подкормки следует, пожалуй, считать 15—20 июля.



Фиг. 4. Динамика поглощения питательных веществ сортом Лорх: *1* — сумма, *2* — стебли, *3* — листья, *4* — клубни

Складывая количества азота, поглощенные листьями, стеблями и клубнями (мы пренебрегли количеством азота,—как пренебрегли количествами и других питательных веществ, содержащихся в корнях,—ввиду ничтожной его величины, не превышающей 1 кг/га, что зависело от того, что мы собрали далеко не полный урожай корней), получим общую кривую выноса азота полным урожаем картофеля.

Для обоих сортов эти кривые имеют непрерывный подъем до пятого и шестого сроков взятия проб.

Наибольшее количество поглощенного растением азота падает на июль.

Рассматривая приведенные данные с точки зрения влияния подкормки на динамику поглощения растением азота, можно констатировать, что на под-

кормочных вариантах общее количество поглощенного картофелем азота вначале отстает от количеств азота, поглощенных картофелем на контрольных делянках. К концу же вегетационного периода наблюдается обратная картина.

В табл. 14 приведены результаты опыта, проведенного на Богушевском опорном пункте. Данные по процентному содержанию азота в клубнях и ботве в общем аналогичны рассмотренным выше данным (если в них по проценту азота в листьях и стеблях сделать соответствующий пересчет на процентное содержание азота в ботве). Что же касается количества азота, поглощенного клубнями и ботвой в разные сроки, то здесь наблюдается некоторое расхождение между цифрами Богушевского опорного пункта и рассмотренными выше данными. В то время как кривые, характеризующие собою количества поглощенного клуб-

Таблица 14

Динамика поглощения азота

Сорт	Количество азота	Схема	Сроки взятия проб				
			1 17.VI	2 20.VII	3 10.VIII	4 30.VIII	5 16.IX
Вольтман	В % в ботве	Без удобрения	4.84	3.82	2.95	2.34	1.19
		Навоз 30 т/га $N_{60}P_{90}K_{90}$	5.11	3.80	3.23	2.29	2.04
		Навоз 30 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	5.35	3.35	3.29	2.82	2.50
Лорх			4.51	3.60	3.38	2.10	1.49
Вольтман	В % в клубнях	Без удобрения	—	1.72	1.04	1.01	0.95
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	—	1.97	1.27	1.17	1.27
		Навоз 30 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	—	2.07	1.52	1.15	1.71
Лорх			—	1.86	1.19	1.43	1.54
Вольтман	В кг/га в ботве	Без удобрения	3.49	21.50	31.63	32.00	9.14
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	8.63	83.49	199.69	137.19	41.62
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	8.47	123.70	178.88	234.88	80.65
Лорх			6.79	93.65	110.76	56.37	26.95
Вольтман	В кг/га в клубнях	Без удобрения	—	1.35	15.32	37.19	39.42
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	—	2.80	43.32	65.10	81.54
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	—	3.14	37.59	67.03	105.50
Лорх			—	5.38	38.63	94.29	113.64
Вольтман	В кг/га в целом растении	Без удобрения	3.49	22.85	46.95	69.19	48.56
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	8.63	86.29	242.99	202.29	123.16
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	8.47	126.84	216.47	301.91	186.15
Лорх			6.79	99.03	149.39	150.66	140.59

нями азота, вполне аналогичны друг другу в обоих опытах, кривые по содержанию азота в ботве в опыте Богушевского опорного пункта, начиная с третьего срока, очень резко падают по двум вариантам: по варианту с сортом Лорх и по варианту, характеризующемуся средними дозами удобрений — 30 т навоза + + $N_{60}P_{90}K_{90}$. Объясняется это, по нашему мнению, тем, что в этих двух вариантах были большие потери ботвы. Эти потери исказили собою и размеры количеств азота, поглощенного целым растением.

Динамика поглощения фосфорной кислоты

Результаты исследований по динамике поглощения картофелем фосфорной кислоты приведены в табл. 15, 16 и 17 (в последней таблице для опыта Богушевского оп. пункта) и на фиг. 3 и 4. Из них видно, что процентное содержание в разных частях картофеля фосфорной кислоты выражается цифрами, значительно меньшими, чем процентное содержание азота. Особенно резкая разница обнаруживается между процентным содержанием азота и фосфора в листьях. Второй особенностью, отличающей поведение фосфорной кислоты внутри растения от поведения азота, является то, что процент фосфорной кислоты в разных частях картофеля выражается цифрами примерно одинаковой величины, в то время как процент азота в листьях примерно в два раза больше, чем в стеблях и корнях, и почти в три раза больше, чем в клубнях.

В полном соответствии с динамикой азота находится уменьшение с течением времени процента фосфорной кислоты в листьях, стеблях и клубнях. Процентное содержание фосфорной кислоты в корнях подчинено обратной зависимости, т. е. процент фосфорной кислоты в корнях по мере развития растения увеличивается, в то время как процент азота в этих условиях уменьшается. Объясняется это, по нашему мнению, тем, что фосфорная кислота поступает в растение (и усваивается им в виде некоторых белковых соединений) не только вследствие общих для всех питательных веществ законов восходящего и нисходящего тока, протекающих параллельно течению жизненных процессов растения, но и в силу чисто физико-химического поглощения ее (фосфорной кислоты) корневой системой. Во время функционирования у растений восходящего тока адсорбированная физико-химически корнями фосфорная кислота включается в общий поток питательных веществ и усваивается продуктами синтеза. В осенние же периоды, когда жизнедеятельность растения замирает и прекращается (или замедляется) восходящий ток, физико-химически поглощенная корнями фосфорная кислота остается в них, усиливая таким образом процентное ее содержание. Необходимо, однако, оговориться, что в случае обильного выпадения осенью дождей, особенно на легких почвах, возможно вымывание из корней фосфорной кислоты. Следовательно, в таких условиях вместо повышения может наблюдаться понижение процентного содержания в осенние периоды фосфорной кислоты в корнях растения. Еще в большей степени, как это доказано нами экспериментально, происходит вымывание из растения калия.

Несмотря на низкий процент фосфорной кислоты в разных частях картофеля (в листьях он был все же относительно большим, чем в стеблях, клубнях и корнях), внесение удобрений в почву все же способствовало заметному увеличению его. По абсолютным количествам фосфорной кислоты, поглощенной разными частями растения, также получилась несколько иная картина, чем та, которая наблюдалась для азота. Данные табл. 15 и 16 и фиг. 3 и 4 вполне ясно показывают, что фосфорная кислота гораздо энергичнее поглощается молодыми листьями и отчасти стеблями, чем азот. Поэтому максимум поглощенной листьями фосфорной кислоты значительно раньше наступает, чем максимум поглощенного листьями азота.

К третьему и четвертому сроку стебли также прекращают поглощение фосфорной кислоты, в то время как поглощение азота стеблями продолжалось непрерывно до пятого и шестого срока. Менее четко это заключение вытекает из данных опыта Богушевского опорного пункта (табл. 17), поскольку в этом опыте не было проведено отделения листьев от стеблей.

Таблица 15

Динамика поглощения фосфорной кислоты. Обозначения делянок те же, что и на табл. 11 и 12

Сорт Лорх		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14.VII	2 21.VII	3 31.VII	4 26.VIII	5 13.IX	6 1.X
Процент P_2O_5	в листьях	2	0.57	0.85	0.69	0.60	0.50	0.44
		5	0.87	1.12	0.86	0.65	0.73	0.42
		8	0.87	1.24	0.74	0.65	0.74	0.40
	в стеблях	2	0.41	0.61	0.54	0.35	0.21	0.20
		5	0.87	0.81	0.63	0.52	0.46	0.31
		8	0.75	0.74	0.62	0.46	0.38	0.24
	в клубнях	2	—	—	0.50	0.47	0.39	0.36
		5	—	—	0.63	0.70	0.61	0.49
		8	—	—	0.68	0.67	0.70	0.54
	в корнях	2	0.25	0.24	0.27	0.50	0.73	0.75
		5	0.49	0.35	0.42	0.60	0.77	0.76
		8	0.35	0.41	0.33	0.53	0.73	0.72
Количество P_2O_5 в кг/га	в листьях	2	3.71	8.19	10.07	10.28	8.49	6.60
		5	10.22	14.65	15.15	9.82	9.96	5.10
		8	8.35	15.25	14.11	11.16	10.63	4.10
	в стеблях	2	1.30	3.46	4.49	6.02	5.40	4.35
		5	4.97	9.65	16.07	20.46	21.12	14.15
		3	4.09	10.33	24.67	21.36	19.98	12.24
	в клубнях	2	—	—	1.25	17.70	25.86	33.86
		5	—	—	0.84	19.52	26.32	29.52
		8	—	—	1.33	16.88	25.45	32.53
Количество P_2O_5, в кг/га в целом растении (в стеблях, листьях и клубнях)		2	5.01	11.65	15.81	34.00	39.75	44.81
		5	15.19	24.30	32.06	49.80	57.40	48.77
		8	12.44	25.58	40.11	49.40	56.06	48.87

Таблица 16

Динамика поглощения фосфорной кислоты. Обозначения делянок те же, что и на табл. 11 и 12

Сорт Вольтман		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14.VII	2 21.VII	3 31.VII	4 26.VIII	5 13.IX	6 1.X
Процент P_2O_5	в листьях	2	0.74	0.76	0.81	0.65	0.53	0.35
		5	0.76	1.08	0.93	0.65	0.55	0.50
		8	0.88	1.09	1.05	0.74	0.64	0.56
	в стеблях	2	0.46	0.65	0.48	0.42	0.30	0.23
		5	0.86	0.88	0.65	0.57	0.47	0.29
		8	0.72	0.82	0.73	0.46	0.45	0.28
	в клубнях	2	—	—	0.79	0.54	0.55	0.40
		5	—	—	0.71	0.76	0.61	0.58
		8	—	—	0.78	0.63	0.71	0.51
	в корнях	2	0.34	0.32	0.34	0.56	0.82	0.53
		5	0.50	0.41	0.55	0.67	0.79	0.56
		8	0.47	0.44	0.52	0.73	0.95	0.58
Количество P_2O_5, в кг/га	в листьях	2	5.10	6.30	10.36	11.33	11.40	5.90
		5	5.78	15.52	18.78	11.76	10.78	6.20
		8	8.05	23.06	20.90	14.89	11.54	5.40
	в стеблях	2	0.90	1.98	5.49	10.65	9.69	7.04
		5	3.72	4.41	19.94	24.54	23.13	20.93
		8	2.97	6.02	30.13	24.31	26.00	21.68
	в клубнях	2	—	—	0.49	18.07	36.01	34.31
		5	—	—	0.17	11.34	21.21	27.98
		8	—	—	0.69	14.14	24.74	30.15
Количество P_2O_5, в кг/га в целом растении (в листьях, стеблях и корнях)		2	6.00	8.28	15.86	40.05	57.10	47.25
		5	9.50	19.93	38.72	47.64	55.12	55.11
		8	11.02	29.08	51.03	53.34	62.28	57.23

Таблица

Динамика поглощения фосфорной кислоты

Сорт	Количество P_2O_5	Схема	Сроки взятия проб: 1 17.VI	2 20.VII	3 10.VIII	4 30.VIII	5 16.IX
Вольтман	В % в ботве	Без удобрения	0.75	0.63	0.44	0.41	0.23
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	0.79	0.66	0.47	0.32	0.28
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	0.84	0.75	0.54	0.47	0.26
Лорх		жижа 12 т/га	0.62	0.62	0.42	0.28	0.24
Вольтман	В % в клубнях	Без удобрения	—	0.64	0.53	0.36	0.35
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	—	0.51	0.47	0.46	0.42
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	—	0.69	0.58	0.47	0.46
Лорх		жижа 12 т/га	—	0.51	0.30	0.37	0.35
Вольтман	В кг/га в ботве	Без удобрения	0.54	3.56	4.72	5.61	1.77
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	1.33	14.50	29.05	19.16	5.71
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	1.33	27.69	29.36	39.15	3.39
Лорх		жижа 12 т/га	0.93	16.13	13.76	7.52	3.33
Вольтман	В кг/га в клубнях	Без удобрения	—	0.49	7.81	13.26	14.52
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	—	0.72	16.03	25.59	27.50
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	—	1.05	14.34	27.39	28.38
Лорх		жижа 12 т/га	—	1.47	9.74	24.40	26.56
Вольтман	В кг/га в целом растении	Без удобрения	0.54	4.04	12.53	18.87	16.29
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	1.33	15.22	45.08	44.75	32.71
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	1.33	28.74	43.70	66.54	36.77
Лорх		жижа 12 т/га	0.93	17.60	23.50	31.92	29.89

Более энергично по существу идет поглощение фосфорной кислоты и клубнями, хотя кривая этого поглощения непрерывно возрастает до самой уборки.

Вполне понятно, что и по общему количеству поглощенной фосфорной кислоты целым растением наблюдалась та же картина.

Все вышеизложенное дает, по нашему мнению, основание утверждать, что одной из основных причин отсутствия положительного (а часто и отрицательного) эффекта от применения под картофель фосфатных подкормок является то, что основное количество необходимой картофелю фосфорной кислоты поглощается растением в первые периоды его развития. При чрезвычайно малой подвижности фосфорной кислоты в почве растение не может использовать ее с той энергией, с какой это ему необходимо для его развития, когда она вносится в виде хотя бы и ранних подкормок, не имеющих к тому же достаточно разработанной техники.

Динамика поглощения калия

Процентное содержание калия в разных частях картофеля имеет существенные отличия от процентного содержания азота и фосфорной кислоты. В то время как процент азота и отчасти фосфорной кислоты в листьях достигал значительно большей величины, чем в стеблях, клубнях и корнях, процент калия, наоборот, наибольшей величины достиг в стеблях; затем следуют клубни, листья и корни (табл. 18, 19). Обращает также на себя внимание и то обстоятельство, что процентное содержание калия в листьях с течением времени имеет тенденцию к увеличению, а не к уменьшению, как это наблюдалось с азотом и фосфорной кислотой. Кривая поведения процентного содержания калия в стеблях, клубнях и корнях вполне аналогична кривой азота. Отмеченные выше особенности по процентному содержанию калия в разных частях картофеля, очевидно, имеют связь со специфической физиологической ролью калия, влияющего на процессы образования, транспорта и отложения крахмала. В нормальных условиях развития картофеля образование листовой поверхности вовсе прекращается или значительно ослабляется в конце лета или начале осени. Образование же крахмала, наоборот, усиливается в конце лета или начале осени. В полном согласии с этим находится уменьшение процента азота к осени и стабилизация или увеличение в это время процента калия в листьях. Результаты опыта Богушевского опорного пункта (табл. 20), как уже отмечалось, не дают материала для подобного детального анализа.

По абсолютному количеству поглощенного калия листьями и стеблями кривые калия также совершенно не похожи на кривые азота и фосфорной кислоты, точнее — эти кривые имеют противоположно направленный характер: кривые поглощенного азота и особенно фосфора для листьев с течением времени падают, кривая же поглощенного калия непрерывно нарастает до момента побития листьев морозами (после пятого срока), когда листья стали опадать и, следовательно, не могли быть полностью учтены. Количество поглощенного калия стеблями подчиняется обратной зависимости. Количество поглощенного калия клубнями, подобно количеству азота и фосфорной кислоты, непрерывно нарастает до самой уборки (фиг. 3 и 4).

Количество поглощенного калия целым растением непрерывно нарастало до пятого срока. Максимальное количество калия, поглощенного целым растением, падает на июль.

Судя по процентному и абсолютному содержанию калия в листьях, а также по абсолютному содержанию калия в целом растении, и принимая во внимание специфическое влияние калия на образование и отложение крахмала, можно полагать, что картофель должен благоприятно относиться не только к ранним и средним, но и к поздним калийным подкормкам.

Несколько больший процент калия в листьях и стеблях у сорта Вольтман по сравнению с сортом Лорх дает объяснение более высокой потенциальной крахмалистости первого.

Динамика поглощения кальция и магния

Кривые процентного содержания кальция и магния в разных частях картофеля вполне аналогичны соответствующим кривым калия (табл. 21, 22, 23, 24, 25 и фиг. 3, 4).

Повидимому, несмотря на различие физиологических функций внутри растения, все катионы в данном отношении ведут себя одинаково.

Наибольший интерес в данном случае представляет стабилизация или повышение с течением времени процентного содержания катионов в листьях, а также те изменения, которые возникают вследствие этого в жизнедеятельности растения. Наблюдаемое во вторую половину вегетации у поздних сортов картофеля увеличение процента калия в листьях связано, как уже отмечалось, с участием калия в продуцировании листьями крахмала, достигающего к этому времени предельных величин. Вполне понятно поэтому, что в потерявших жизнеспособ-

Таблица 18

Динамика поглощения калия. Обозначения делянок те же, что на табл. 11 и 12

Сорт Лорх		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14.VII	2 21.VII	3 31.VII	4 26.VIII	5 13.IX	6 1.X
Процент K_2O	в листьях	2	1.49	2.00	2.00	2.38	2.22	1.14
		5	1.91	2.50	2.35	2.33	3.71	3.06
		8	2.19	2.75	2.23	3.04	3.73	3.32
	в стеблях	2	4.92	7.05	5.60	2.53	1.41	0.80
		5	7.50	7.15	7.14	5.75	4.85	2.58
		8	8.13	8.14	6.43	5.43	4.25	2.81
	в клубнях	2	—	—	3.90	1.65	1.54	1.43
		5	—	—	3.53	1.83	2.42	1.91
		8	—	—	3.30	2.15	2.49	2.06
	в корнях	2	1.35	2.07	2.22	1.46	0.71	0.40
		5	2.11	2.14	2.48	1.99	1.50	0.94
		8	1.89	2.52	2.71	2.32	1.93	1.24
Количество K_2O, в кг/га	в листьях	2	9.71	19.27	29.19	40.76	37.71	17.10
		5	22.45	32.70	41.41	35.19	55.71	37.40
		8	21.03	33.81	42.53	52.18	53.56	34.10
	в стеблях	2	15.61	40.07	46.60	43.51	36.27	17.43
		5	42.87	85.24	182.40	226.24	222.74	117.79
		8	44.38	113.65	255.87	252.23	223.50	143.30
	в клубнях	2	—	—	9.71	62.16	102.13	134.50
		5	—	—	4.72	51.04	104.46	115.06
		8	—	—	6.45	54.18	90.56	109.59
Количество K_2O, в кг/га, в целом растении (листья, стебли и клубни)		2	25.32	59.34	84.96	146.43	176.11	169.03
		5	65.32	117.94	228.53	312.47	382.91	270.25
		8	65.41	147.46	304.85	358.59	367.62	286.99

Динамика поглощения калия. Обозначения делянок те же, что на табл. 11 и 12

Сорт Вольтман		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14.VII	2 21.VII	3 31.VII	4 26.VIII	5 13.IX	6 1.X
Процент K_2O	в листьях	2	1.79	2.21	1.73	2.22	2.01	1.14
		5	2.14	2.99	2.48	2.71	3.11	2.73
		8	1.92	3.02	2.68	3.11	4.22	2.54
	в стеблях	2	6.11	8.35	6.36	3.38	1.42	0.85
		5	8.56	10.13	8.04	5.16	3.74	2.54
		8	8.58	10.55	7.04	4.41	3.01	2.23
	в клубнях	2	—	—	2.26	1.82	1.46	1.59
		5	—	—	2.65	2.23	2.37	2.05
		8	—	—	2.85	2.29	2.37	1.80
	в корнях	2	1.51	2.16	1.42	1.13	0.84	0.87
		5	2.47	2.50	2.32	1.72	1.16	0.95
		8	2.27	2.30	2.33	1.70	1.12	1.02
Количество K_2O, в кг/га	в листьях	2	13.34	18.33	22.14	45.72	43.24	19.40
		5	16.29	42.99	50.09	49.03	61.01	33.80
		8	17.56	63.90	53.35	62.57	91.00	30.30
	в стеблях	2	11.95	25.55	72.77	85.73	45.87	26.04
		5	37.10	50.86	246.68	222.16	184.12	183.37
		8	35.39	77.43	290.58	233.10	173.94	172.62
	в клубнях	2	—	—	1.40	60.89	95.60	136.36
		5	—	—	0.64	33.27	82.44	98.88
		8	—	—	2.51	51.59	85.92	106.42
Количество K_2O, в кг/га в целом растении (листья, стебли и клубни)		2	25.29	43.88	96.31	192.34	184.71	181.80
		5	53.39	93.85	297.40	304.46	328.03	316.05
		8	53.95	141.33	346.44	347.26	350.86	309.34

Таблица 20

Динамика поглощения калия

Сорт	Количество K_2O	Схема	Сроки взятия проб				
			1 17.VI	2 20.VII	3 10.VIII	4 30.VIII	5 16.IX
Вольтман	В % в ботве	Без удобрения	3.42	3.81	0.99	0.51	0.51
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	5.89	3.93	2.27	3.70	2.59
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	6.89	4.68	3.63	3.50	3.00
Лорх			5.27	4.75	3.49	3.96	3.96
Вольтман	В % в клубнях	Без удобрения	—	3.18	1.74	1.27	1.64
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	—	2.89	1.74	1.63	1.47
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	—	3.00	2.62	2.37	2.42
Лорх			—	2.94	2.10	2.14	1.91
Вольтман	В кг/га в ботве	Без удобрения	2.47	21.44	10.02	6.97	3.91
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	9.94	86.34	140.32	221.54	52.85
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	10.91	172.81	197.37	291.52	96.78
Лорх			7.93	123.57	114.36	106.30	55.00
Вольтман	В кг/га в клубнях	Без удобрения	—	2.49	25.64	46.76	68.05
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	—	4.10	59.35	90.69	94.38
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	—	4.55	64.78	138.13	149.30
Лорх			—	8.50	68.18	141.10	140.94
Вольтман	В кг/га в целом растении	Без удобрения	2.47	23.90	36.26	53.73	71.96
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$	9.94	90.44	199.67	312.23	147.23
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная жижа 12 т/га	10.91	177.36	262.15	429.65	246.08
Лорх			7.93	132.07	182.54	247.40	195.94

ность, отмерших листьях (что наблюдалось в нашем опыте на неудобренных делянках) процент калия перед уборкой резко уменьшается. В этом случае, как это установлено нами экспериментально, происходит отток калия из листьев в другие органы [4]. Роль кальция внутри растения, как известно, сводится, главным образом, к нейтрализации образующихся органических кислот, и в первую очередь щавелевой кислоты, как преобладающей среди них. Так как многие соединения кальция с этими кислотами отличаются малой растворимостью и малой подвижностью, значительная часть поглощенного листьями кальция остается в них в связанном, неподвижном состоянии. При прекращении фотосинтеза и засыхании листьев, когда происходит отток многих растворимых органических и минеральных соединений, связанный в нерастворимом состоянии кальций остается в листьях, вследствие чего происходит в это время замет-

Таблица 21

Динамика поглощения кальция. Обозначения делянок те же, что на табл. 11 и 12

Сорт Вольтман		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14. VII	2 21. VII	3 31. VII	4 26. VIII	5 13. IX	6 1. X
Процент CaO	в листьях	2	2.95	3.03	2.94	2.89	2.98	2.64
		5	2.73	3.18	2.32	2.43	2.35	1.91
		8	2.34	3.44	2.68	2.74	1.95	2.54
	в стеблях	2	3.34	3.35	2.16	1.81	1.55	1.62
		5	3.19	2.93	2.02	1.67	1.50	1.35
		8	3.76	3.43	2.19	1.80	1.53	1.42
	в клубнях	2	—	—	0.74	0.34	0.33	0.24
		5	—	—	1.36	0.48	0.64	0.42
		8	—	—	1.02	0.34	0.52	0.36
	в корнях	2	1.77	2.37	1.77	1.69	1.62	1.46
		5	2.15	2.24	2.03	1.95	1.88	1.74
		8	2.18	2.42	2.63	2.30	1.98	1.99
Количество CaO, в кг/га	в листьях	2	20.33	25.14	37.62	59.52	64.09	44.90
		5	20.78	45.73	46.86	43.96	46.10	23.60
		8	21.40	72.79	53.35	55.13	42.05	30.30
	в стеблях	2	6.53	10.00	24.71	45.91	50.07	49.62
		5	13.83	15.16	61.98	71.90	73.85	97.46
		8	15.51	23.00	90.38	95.14	88.42	109.92
	в клубнях	2	—	—	0.48	11.38	21.60	20.58
		5	—	—	0.33	7.16	22.26	20.25
		8	—	—	0.90	7.66	19.05	21.28
Количество CaO, в кг/га в целом растении (листья, стебли и клубни)		2	26.86	35.14	62.81	116.81	135.76	115.10
		5	34.61	60.83	109.17	123.02	142.21	141.31
		8	36.91	95.79	144.63	158.93	149.52	161.50

Таблица 22

Динамика поглощения кальция. Обозначения делянок те же, что на табл. 11 и 12

Сорт Лорх		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1 14. VII	2 21. VII	3 31. VII	4 31. VIII	5 13. IX	6 1. X
Процент CaO	в листьях	2	2.23	3.13	2.18	3.12	2.99	3.40
		5	2.59	3.15	1.42	1.94	1.72	2.07
		8	2.32	3.00	1.50	2.53	1.78	1.96
	в стеблях	2	3.03	3.52	2.65	1.95	1.43	1.52
		5	3.34	3.36	2.38	1.53	1.92	1.49
		8	3.14	3.17	2.08	1.64	1.90	1.42
	в клубнях	2	—	—	0.79	0.32	0.32	0.28
		5	—	—	0.96	0.40	0.50	0.65
		8	—	—	0.87	0.40	0.39	0.52
	в корнях	2	1.78	2.47	2.51	2.37	1.94	2.01
		5	2.02	2.60	2.56	2.53	2.12	2.24
		8	1.57	2.55	2.49	2.32	2.15	2.43
Количество CaO, в кг/га	в листьях	2	14.54	30.16	31.82	53.43	50.79	51.00
		5	30.44	45.92	25.02	29.38	25.83	25.20
		8	22.28	36.89	28.60	43.43	25.56	20.10
	в стеблях	2	9.61	20.01	22.07	33.54	36.78	45.52
		5	19.09	40.06	60.73	60.20	88.17	68.02
		8	17.14	44.25	82.77	76.18	99.92	72.44
	в клубнях	2	—	—	1.97	12.06	21.22	26.34
		5	—	—	1.28	11.16	21.58	39.16
		8	—	—	1.70	10.08	14.38	27.66
Количество CaO в целом растении, в кг/га (листья, стебли и клубни)		2	24.15	50.17	55.86	99.03	108.79	110.44
		5	49.53	85.98	87.03	109.74	135.58	132.38
		8	39.42	81.14	113.07	129.60	139.86	120.20

Таблица 23

Динамика поглощения кальция

Сорт	Количество CaO	Схема	Сроки взятия проб				
			1	2	3	4	5
Вольтман	В % в ботве	Без удобрения	2.54	3.33	3.03	3.27	3.18
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$.	3.59	3.13	2.90	2.87	3.11
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	3.62	2.59	2.97	2.99	2.99
Лорх		жижа 12 т/га	3.26	3.05	3.14	3.04	3.62
Вольтман	В % в клубнях	Без удобрения	—	0.85	0.61	0.77	0.63
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$.	—	0.80	0.69	0.79	0.59
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	—	1.02	0.62	0.64	0.59
Лорх		жижа 12 т/га	—	0.89	0.61	0.56	0.44
Вольтман	В кг/га в ботве	Без удобрения	1.83	18.74	32.49	44.71	24.41
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$.	6.06	68.77	179.27	171.80	63.46
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	5.73	95.64	161.48	249.04	96.46
Лорх		жижа 12 т/га	4.91	79.34	102.89	81.60	59.29
Вольтман	В кг/га в клубнях	Без удобрения	—	0.67	8.99	28.35	26.14
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$.	—	1.14	23.54	44.00	37.88
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	—	1.55	15.33	37.30	36.40
Лорх		жижа 12 т/га	—	2.57	19.80	36.92	32.47
Вольтман	В кг/га в целом растении	Без удобрения	1.83	19.41	41.48	73.06	50.55
		Навоз 30 т/га + $N_{60}P_{90}K_{90}$.	6.06	69.91	202.81	215.80	101.34
		Навоз 30 т/га + $N_{90}P_{120}K_{120}$ + зола 10 ц/га + навозная	5.73	97.19	176.81	286.34	132.86
Лорх		жижа 12 т/га	4.91	81.91	122.69	118.52	82.76

ное повышение процента кальция в листьях. Это подтверждается данными табл. 21, 22 и 23.

Стабилизация или повышение к концу вегетационного периода процента кальция в листьях сопровождается повышением коагуляции содержимого клеток и потерей вследствие этого листьями воды [Ханстен-Краннер (Hansteen-Cranner, 1922); Люндегорд (Lundegårdh, 1931)]. Это ведет в свою очередь к ослаблению фотосинтеза, и без этого сильно замедленного в это время. Таким образом, накопление кальция в листьях ведет к ускорению их развития, к их старению. Противоположное влияние на развитие листьев оказывает калий.

Усиление накопления его листьями во вторую половину вегетации, повышая pH клеточного сока, способствует пептизации содержимого клеток (или ограничивает коагулирующее действие кальция), увеличивает тургор, вод-

Таблица 24

Динамика поглощения магния. Обозначения делянок те же, что на табл. 11 и 12

Сорт Лорх		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1	2	3	4	5	6
Процент MgO	в листьях	2	1.35	—	1.18	—	0.78	1.12
		5	0.93	—	1.06	—	0.94	1.52
		8	0.89	—	1.20	—	1.08	1.30
	в стеблях	2	1.47	—	1.20	—	0.59	0.40
		5	1.25	—	1.22	—	0.69	0.50
		8	1.04	—	0.97	—	0.71	0.52
	в клубнях	2	—	—	0.70	—	0.38	0.23
		5	—	—	0.84	—	0.35	0.21
		8	—	—	0.72	—	0.42	0.24
	в корнях	2	0.57	—	0.61	—	0.66	0.32
		5	0.60	—	0.67	—	0.74	0.44
		8	0.54	—	0.63	—	0.69	0.37
Количество MgO, в кг/га	в листьях	2	8.80	—	17.22	—	13.25	16.8
		5	10.93	—	18.68	—	14.13	18.4
		8	8.54	—	22.88	—	15.51	13.2
	в стеблях	2	4.66	—	9.99	—	15.18	8.71
		5	7.14	—	31.13	—	31.69	22.83
		8	5.67	—	38.60	—	37.34	26.53
	в клубнях	2	—	—	1.74	—	25.20	21.63
		5	—	—	1.12	—	15.11	12.65
		8	—	—	1.41	—	15.27	12.76
Количество MgO, в кг/га, в целом растении (листья, стебли и клубни)		2	13.46	—	33.14	—	53.63	47.14
		5	18.07	—	50.93	—	60.93	53.88
		8	14.20	—	62.89	—	68.12	52.49

Таблица 25

Динамика поглощения магния. Обозначения делянок те же, что на табл. 11 и 12

Сорт Вольтман		№ делянки	Сроки взятия проб					
			1	2	3	4	5	6
Процент MgO	в листьях	2	1.40	—	1.80	—	1.09	1.34
		5	1.21	—	1.02	—	1.08	1.20
		8	1.24	—	1.28	—	1.22	1.16
	в стеблях	2	0.80	—	0.84	—	0.68	0.51
		5	1.38	—	0.93	—	0.65	0.45
		8	1.09	—	0.77	—	0.64	0.54
	в клубнях	2	—	—	0.79	—	0.26	0.23
		5	—	—	0.88	—	0.37	0.26
		8	—	—	0.83	—	0.31	0.24
	в корнях	2	0.54	—	0.49	—	0.63	0.31
		5	0.67	—	0.46	—	0.57	0.27
		8	0.62	—	0.50	—	0.52	0.24
Количество MgO, в кг/га	в листьях	2	9.64	—	23.04	—	23.45	22.80
		5	9.21	—	20.62	—	21.19	14.80
		8	11.34	—	25.48	—	26.31	13.80
	в стеблях	2	1.56	—	9.61	—	22.00	15.62
		5	5.76	—	28.53	—	32.00	32.48
		8	5.74	—	31.78	—	36.98	41.80
	в клубнях	2	—	—	0.49	—	17.03	19.72
		5	—	—	0.21	—	12.87	12.54
		8	—	—	0.73	—	11.24	14.19
Количество MgO, в кг/га, в целом растении (стебли, листья и клубни)		2	11.20	—	28.56	—	62.48	58.14
		5	14.97	—	49.36	—	66.06	50.82
		8	17.08	—	35.25	—	74.53	69.79

ные свойства и проницаемость протоплазмы клеток, усиливает продукцию крахмала листьями и увеличивает длину продуктивной части вегетационного периода ([20, 25, 30, 31, 32, 13]). С этой точки зрения понятным становится, что сорт Вольтман, как более позднеспелый и более крахмалистый, чем сорт Лорх, содержит и больший процент калия в листьях и стеблях. В этом свете находит объяснение также факт повышения морозостойкости картофеля от внесения калийных удобрений [Шафнит и Вильгельм (Schaffnit u. Wilhelm, 1933)].

Магний является необходимой составной частью хлорофилла и поэтому понятно сравнительно высокое процентное содержание его в листьях и отсутствие убывания этого процента с течением времени. Магний также оказывает каталитическое влияние на энзиматическую деятельность растения.

Весьма вероятно, что повышение содержания магния в некоторой степени оказывает такое же влияние на ускорение старения растения в конце вегетационного периода, как и повышение содержания кальция.

Как видно из табл. 21, 22, 24 и 25, процент кальция во всех частях растения в два-три раза выше процента магния. Процент калия заметно выше процента кальция только в стеблях и клубнях.

Процент кальция и магния в стеблях и клубнях, подобно проценту калия, уменьшается с течением времени. Процент кальция и магния в корнях картофеля не имеет такой резкой нисходящей кривой, как процент калия в корнях.

По количеству поглощенного кальция и магния как целым растением, так и отдельными его частями, в общем наблюдается та же картина, которая была рассмотрена нами в отношении калия.

Сравнивая цифры процентного содержания всех питательных веществ в листьях, можно видеть, что во многих случаях, особенно на неудобренных делянках, процент питательных веществ в самых молодых листьях (первый срок) заметно ниже процента тех же питательных веществ в более развитых листьях (второй срок). Объясняется это слабым развитием корневой системы в первые периоды жизни картофеля, а также тем, что листовая поверхность растения в это время развивается в значительной мере за счет запасов клубня. Обе эти причины ограничивали приток питательных веществ к листьям. В некоторых случаях это обнаружилось и на процентном содержании питательных веществ в стеблях.

Динамика подвижных форм азота, фосфорной кислоты и калия в почве

Для химических анализов пробы почвы брались и анализировались со всех вариантов для обоих сортов картофеля. Но так как цифры с одноименных вариантов для обоих сортов получились близкие, то мы сочли необходимым привести в табл. 26 лишь средние данные, характеризующие собою состояние почвы под обоими сортами. На Богушевском опорном пункте пробы почвы брались только на двух вариантах и для одного только сорта Вольтман.

Из табл. 26 видно, что в почве, взятой непосредственно из-под кустов растений, не обнаружилось резкой разницы в содержании подвижных питательных веществ на разных вариантах. Находящиеся в этой зоне и притекающие к ней питательные вещества потреблялись корневой системой растений, достигающей здесь наиболее мощного развития. Только в первые периоды развития картофеля наблюдалась заметная разница в содержании питательных веществ (в большей мере азота и калия) между удобренными и неудобренными делянками. Несомненно, что если бы пробы почвы брались на некотором расстоянии от куста, то в этом отношении получилась бы более рельефная разница между удобренными и неудобренными делянками. Наметившееся в осенний период увеличение нитратов свидетельствует о том, что растения к этому времени уже прекратили поглощение азота, в то время как накопление нитратов еще имело место.

Попутно следует отметить, что метод Труога, повидимому, не пригоден (или во всяком случае мало пригоден) для определения доступной растению фосфор-

Таблица 26

Анализ почвы. Обозначения делянок: 2—неудобренная; 5—навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (подкормка); 8—навоз 60 т + $N_{90}P_{120}K_{120}$ (перед посевом); 1—неудобренная; 3—навоз 20 т + $N_{90}P_{120}K_{150}$

Наименование анализов	№ делянки	До появления всходов	Сроки взятия проб				
			1	2	3	4	5
Для опыта, проведенного в «Отрадном»							
NO_3, в мг на 1 кг абсол. сухой почвы	2	140	70	12.5	9.0	—	10
	5	160	60	12.5	13.4	—	14
	8	280	180	15.0	14.4	—	15
P_2O_5, в мг на 100 г почвы	2	2	8	12	6	—	6
	5	4	10	12	10	—	9
	8	6	12	18	9	—	8
K_2O, в мг на 100 г почвы	2	6	10	7	6	—	10
	5	8	20	8	10	—	8
	8	10	20	10	15	—	10
pH солевой вытяжки	2	6.80	6.90	6.83	6.88	—	6.81
	5	6.60	6.95	6.80	7.03	—	6.87
	8	6.62	6.99	6.85	7.02	—	6.72
Гидролитическая кислотность в м-экв. на 100 г почвы	2	2.01	2.29	1.45	1.98	—	1.40
	5	1.78	2.02	1.82	2.59	—	0.98
	8	1.65	2.10	1.85	1.48	—	1.79
Сумма поглощенных оснований в м-экв. на 100 г почвы	2	23.1	—	—	25.8	—	25.0
	5	18.0	—	—	25.6	—	23.8
	8	18.0	—	—	26.0	—	22.7
Для опыта Богушевского опорного пункта							
NO_3, в мг на 1 кг почвы	1	—	13.80	13.42	10.45	18.40	25.30
	3	—	38.00	10.60	10.65	11.55	13.50
P_2O_5, в мг на 100 г почвы	1	—	6.50	7.00	7.00	6.00	8.00
	3	—	8.00	10.00	8.00	11.00	8.00
K_2O, в мг на 100 г почвы	1	—	17.50	15.50	12.50	15.50	16.50
	3	—	40.00	27.50	27.50	17.50	15.00
pH солевой вытяжки	1	—	4.68	4.70	4.75	4.67	4.43
	3	—	4.53	4.59	4.60	4.50	4.40
Гидролитическая кислотность, в м-экв. на 100 г почвы	1	—	3.65	3.45	3.58	3.71	4.23
	3	—	3.70	3.67	3.97	3.88	3.83
Сумма поглощенных оснований, в м-экв. на 100 г почвы	1	—	3.70	3.80	3.90	3.89	3.72
	3	—	3.56	3.51	3.14	2.98	3.26

Результаты

Сроки взятия проб	Сорт Гехеймраттиль	Листья				Черешки			
		зеленые		желтые		зеленые		желтые	
		%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га
17.VI	Сухое вещество, в ц/га	—	5.96	—	—	—	1.23	—	—
16.VII		—	8.39	—	—	—	2.68	—	—
18.VIII		—	11.68	—	1.32	—	2.53	—	0.31
5.X		—	—	—	7.89	—	—	—	2.06
17.VI	Крахмал	5.78	34.45	—	—	4.77	5.87	—	—
16.VII		6.57	55.12	—	—	6.60	17.69	—	—
18.VIII		5.85	68.33	4.88	6.44	9.08	22.97	5.37	1.66
5.X		—	—	3.53	27.85	—	—	3.90	8.03
17.VI	K_2O	3.37	20.08	—	—	8.66	10.65	—	—
16.VII		1.66	13.93	—	—	4.10	10.99	—	—
18.VIII		0.99	11.56	0.45	0.59	2.08	5.26	1.02	0.32
5.X		—	—	0.30	2.37	—	—	0.48	0.99
17.VI	Na_2O	0.43	2.56	—	—	0.48	0.59	—	—
16.VII		0.22	1.85	—	—	0.32	0.86	—	—
18.VIII		0.12	1.40	0.15	0.20	0.25	0.63	0.23	0.07
5.X		—	—	0.11	0.87	—	—	0.29	0.60
17.VI	N	5.84	34.81	—	—	3.69	4.54	—	—
16.VII		4.35	36.50	—	—	2.69	7.21	—	—
18.VIII		3.72	43.45	1.87	2.47	1.76	4.45	1.26	0.39
5.X		—	—	2.25	17.75	—	—	1.21	2.49
17.VI	P_2O_5	1.00	5.96	—	—	0.73	0.90	—	—
16.VII		0.55	4.61	—	—	0.50	1.34	—	—
18.VIII		0.41	4.79	0.26	0.34	0.45	1.14	0.21	0.07
5.X		—	—	0.37	2.92	—	—	0.21	0.43

ной кислоты. Требует доработки также и метод Голубева для определения подвижного калия.

Цифровой материал по сумме поглощенных оснований pH и гидролитической кислотности для почв опыта, проводившегося в «Отрадном», свидетельствует о том, что внесенная в почву перед весенней ее перепашкой известь в достаточной мере прореагировала с почвой (до внесения извести pH солевой вытяжки был равен 4.2—4.4; гидролитическая кислотность — 4.6—4.9, и сумма поглощенных оснований — 8.24—9.56 м-экв. на 100 г почвы).

Рассмотрение тех же данных для почвы Богушевского опорного пункта показывает, что с этой стороны данная почва не представляла собою неблагоприятных условий для развития картофеля.

Наличие больших количеств нитратов (140 мг на 1 кг почвы), обнаруженное на неудобренной делянке до появления всходов (опыт в «Отрадном»), подтверждает наше заключение, сделанное нами по величине урожая, что данная почва обладает высоким естественным плодородием.

В заключение сделаем сравнение результатов описанных выше опытов с результатами широко известного в литературе опыта Виммера (1906), а также опыта Винсента (1934). Главнейшие результаты опыта Виммера приводятся в табл. 27, а результаты опыта Винсента — в табл. 28.

Таблица 27

ыта Виммера

Стебли		Корни		Ботва + корни		Клубни		Целое растение	
%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га
—	2.75	—	0.64	—	10.58	—	0.76	—	11.34
—	6.15	—	0.65	—	17.87	—	22.60	—	40.47
—	10.83	—	0.56	—	27.23	—	52.04	—	79.27
—	8.47	—	0.54	—	18.96	—	79.09	—	98.05
3.79	10.42	3.19	2.04	4.99	52.78	48.64	36.97	7.91	89.75
6.53	40.16	7.02	4.56	6.58	117.53	72.41	1636.39	43.34	1753.92
12.53	135.70	8.74	4.89	8.81	239.99	73.34	3816.38	51.17	4056.37
2.48	21.00	3.15	1.70	3.09	58.58	74.67	5905.46	60.83	5964.04
6.65	18.29	2.61	1.67	4.79	50.69	3.27	2.49	4.69	53.18
2.30	14.15	1.04	0.68	2.22	39.75	2.14	48.39	2.18	88.14
1.03	11.15	0.61	0.34	1.07	29.22	1.86	97.07	1.59	126.29
0.36	3.05	0.42	0.23	0.35	6.64	1.95	154.53	1.64	161.17
0.43	1.18	0.86	0.55	0.46	4.88	0.18	0.14	0.44	5.02
0.53	3.26	1.33	0.86	0.38	6.83	0.14	3.12	0.25	9.95
0.42	4.55	1.51	0.85	0.28	7.70	0.07	3.41	0.14	11.11
0.74	6.27	1.27	0.69	0.44	8.43	0.14	11.47	0.20	19.90
2.95	8.11	2.47	1.58	4.63	49.04	1.98	1.51	4.45	50.55
2.11	12.98	1.83	1.19	3.24	57.88	1.13	25.43	2.06	83.31
1.00	10.83	1.65	0.92	2.30	62.51	1.04	53.95	1.47	116.46
0.71	6.01	1.30	0.70	1.42	26.95	1.24	97.91	1.27	124.86
0.67	1.84	0.45	0.29	0.85	8.99	0.65	0.49	0.84	9.48
0.36	2.21	0.21	0.14	0.46	8.30	0.39	8.77	0.42	17.07
0.43	4.66	0.31	0.17	0.41	11.17	0.34	17.57	0.36	28.74
0.11	0.93	0.21	0.11	0.23	4.39	0.34	27.23	0.32	31.62

Результаты исследований упомянутых авторов по динамике роста органического вещества и крахмала (Винсент данных по крахмалу не приводит) подтверждают наш вывод о том, что в условиях нашего опыта, при принятых нами площадях питания, только неудобренные делянки представляли собою благоприятный фон для развития картофеля. На удобренных же делянках развивались, главным образом, стебли, благодаря недостаточности принятых нами площадей питания. Как в опытах Виммера, так и в опытах Винсента (последний говорит об этом в тексте) отношение листьев к стеблям, в период максимального развития тех и других, равнялось примерно единице. В условиях нашего опыта такое отношение только в приближенной степени наблюдалось на неудобренных делянках (точнее оно выражалось примерно 0.75). На удобренных же делянках вес стеблей превышал вес листьев в 3—4 раза. Вследствие буйного развития стеблей на удобренных делянках получилось также ненормальное (очень низкое) отношение, в условиях нашего опыта, веса сухого вещества клубней к весу сухого вещества ботвы. В то время как по данным Виммера и Винсента наибольший вес сухого вещества клубней превышал наибольший вес сухого вещества ботвы в 3, 4, 5 раз, по данным нашего опыта такое отношение едва равняется 2 на неудобренных делянках; на удобренных же делянках оно колеблется от 1.0 до 0.5, иначе говоря, вес ботвы или равен весу клубней, или в два раза его превышает.

Все эти отношения наиболее резко отклоняются в неблагоприятную сторону для сорта Вольтман, как наиболее позднего. Еще более резко в неблагоприятную сторону отклоняются данные нашего опыта (преимущественно для удобренных делянок) от данных опыта Винсента.

По абсолютной величине как сухого вещества, так и крахмала в клубнях данные нашего опыта приближаются к данным Виммера и Винсента только для неудобренных делянок. Удобренные же делянки по этим показателям нашего опыта значительно отстают от показателей опыта Виммера и Винсента. По абсолютной же величине как сухого вещества, так и особенно крахмала в листьях, данные нашего опыта значительно превосходят данные опыта Виммера. Еще более значительная разница между нашими данными и данными упомянутых авторов наблюдается в абсолютных величинах сухого вещества и крахмала в стеблях. В этом отношении данные нашего опыта даже для неудобренных делянок, где развитие растений имело нормальные условия, значительно превышают данные опыта Виммера и Винсента. На удобренных же делянках нашего опыта сухое вещество стеблей в период наибольшего их развития примерно равнялось сухому веществу клубней, количество же крахмала в стеблях равнялось в этот период 35—50% количества крахмала в клубнях, в то время как количество сухого вещества в клубнях из опыта Виммера и Винсента в 8 раз превышало количество сухого вещества стеблей, а количество крахмала в стеблях (опыт Виммера) едва достигало 2.3% от количества крахмала клубней.

Большое развитие листьев и стеблей на неудобренных делянках нашего опыта, по сравнению с опытом Виммера и Винсента, объясняется как особенностями испытывавшихся сортов, так и особенностями климата Франции и Германии, с одной стороны, и СССР (Москва) — с другой стороны. Непропорционально же буйное развитие стеблей на удобренных делянках нашего опыта, как показывает сделанный нами анализ этого вопроса, несомненно, зависело от загущенной посадки клубней в данных условиях.

Сравнение процентного содержания питательных веществ в разных частях растений нашего опыта и опыта Виммера и Винсента показывает, что в этом отношении данные нашего опыта довольно близко совпадают с данными опыта Винсента и особенно опыта Виммера. Единственное, пожалуй, отличие опыта Виммера от нашего опыта заключается в несколько меньшем проценте калия в стеблях и в плавном падении с течением времени процента калия в листьях в опыте Виммера, в то время как процент калия в листьях нашего опыта заметно упал только в последний период.

Больший процент калия в стеблях нашего опыта в основном зависел от того, что вместе со стеблями в нашем опыте брались и черешки, процент калия в которых, как это видно из данных опыта Виммера, значительно выше процента калия в стеблях. Менее же резкое падение калия в листьях нашего опыта зависело как от почвенно-климатических условий, так и от особенностей испытывавшихся нами сортов, что, повидимому, в совокупности затягивало развитие и без того позднеспелых сортов картофеля. Этими же причинами объясняется отчасти и менее резкое падение процентного содержания и других питательных веществ в нашем опыте, в частности P_2O_5.

Основное отличие опыта Винсента от нашего опыта заключается в более высоком проценте кальция в клубнях нашего опыта. Зависело это, повидимому, от того, что наш опыт был заложен на известкованной почве.

Так как урожай клубней неудобренных делянок нашего опыта был близок к урожаю клубней опыта Виммера, то вполне понятно, что при близком процентном содержании питательных веществ в них получились и близкие абсолютные цифры поглощенных ими азота, фосфорной кислоты и калия. Абсолютные цифры поглощенных клубнями азота и фосфорной кислоты в опыте Винсента также близки к цифрам нашего опыта. Значительно большей величины достигло поглощение клубнями калия в опыте Винсента, что объясняется значительно бо́льшим процентом калия в клубнях последнего срока уборки в опыте упомянутого исследователя.

Таблица 28

Результаты опыта Винсента

Сорт Индустрия		Сроки взятия проб					
		1 24.V	2 16.VI	3 11.VII	4 5.VIII		5 27.VIII
Вес сухого вещества, в кг/га, с 36 000 кустов	листьев и стеблей	147.8	882.4	1656.2	1873.7		1671.5
	корней	48.3	91.4	157.5	193.9		191.4
	клубней	—	198.2	2848.2	6367.6		8892.7
Содержание питательных веществ, в %, в корнях	N	3.82	2.64	2.24	2.09		1.54
	P_2O_5	0.86	0.81	0.49	0.55		0.44
	K_2O	4.26	3.45	2.10	1.62		1.43
	CaO	2.53	2.51	2.02	1.94		2.21
	MgO	0.51	0.54	0.53	0.53		0.42
					Лист.	Стебл.	
Содержание питательных веществ, в %, в стеблях и листьях	N	6.03	5.37	3.53	3.90	1.57	1.33
	P_2O_5	1.65	1.41	0.63	0.72	0.44	0.35
	K_2O	6.83	6.29	3.87	2.40	2.86	2.29
	CaO	2.72	3.63	3.82	5.37	2.13	3.10
	MgO	0.69	0.87	1.34	1.87	1.08	1.30
		Матер. клубней					
Содержание питательных веществ, в %, в клубнях	N	0.79	1.71	1.27	1.11		1.08
	P_2O_5	0.32	0.87	0.66	0.51		0.50
	K_2O	1.73	3.11	2.27	2.17		2.41
	CaO	0.47	0.22	0.06	0.05		0.09
	MgO	0.28	0.17	0.13	0.13		0.18
Количество азота, в кг/га	в стеблях, листьях и корнях	9.11	43.60	57.37	49.14		20.63
	в клубнях	—	3.24	32.04	69.02		92.93
	всего	9.11	46.84	89.38	118.16		113.56
Количество P_2O_5, в кг/га	в стеблях, листьях и корнях	2.85	13.14	11.25	11.71		6.76
	в клубнях	—	1.72	18.88	32.73		44.55
	всего	2.85	14.86	30.13	44.44		51.31
Количество K_2O, в кг/га	в листьях, стеблях и корнях	12.15	58.66	67.36	52.86		40.98
	в клубнях	—	6.17	64.77	138.11		214.31
	всего	12.15	64.83	132.13	190.94		255.29
Количество CaO, в кг/га	в листьях, стеблях и корнях	5.24	34.34	65.50	70.83		55.97
	в клубнях	—	0.43	1.68	3.31		7.65
	всего	5.24	34.77	68.18	74.14		63.62
Количество MgO, в кг/га	в листьях, стеблях и корнях	1.16	8.14	22.99	27.89		22.52
	в клубнях	—	0.34	3.79	8.28		16.45
	всего	1.16	8.48	26.78	36.17		38.97

Выводы

1. Скорость накопления как сухого вещества, так и крахмала разными частями картофеля зависит от двух факторов (при прочих равных условиях): от степени обеспеченности почвы питательными веществами и от размеров площадей питания. При малой обеспеченности почвы питательными веществами картофель быстрее достигает своего нормального развития, чем при умеренной или большой обеспеченности его питательными веществами, причем в первом случае наибольший урожай клубней получается при сравнительно малых площадях питания, в то время как во втором случае наибольший урожай клубней, значительно превышающий урожай клубней первого случая, получается при сравнительно больших площадях питания. Если же выращивается картофель на почвах, обеспеченных большими количествами питательных веществ, но при малых площадях питания, то в этом случае сильно развиваются стебли и происходит полегание их при одновременном недостаточном развитии и угнетении листьев, благодаря чему рост и образование клубней происходит в недостаточных темпах, и урожай их часто уступает урожаю, полученному на слабо обеспеченных питательными веществами почвах.

2. Изложенные в пункте первом выводы вытекают из результатов полевых опытов, проведенных на экспериментальном участке в «Отрадном» (Москва) и на Богушевском опорном пункте (БССР) с двумя сортами картофеля: Лорх и Вольтман. На слабо обеспеченной питательными веществами почве Богушевского опорного пункта урожай как сухого вещества, так и крахмала клубней повышался с увеличением доз удобрений при соблюдении одной и той же площади питания — 70 × 35 см. Увеличение площади питания вело к снижению урожая клубней. Максимальный урожай сухого вещества клубней по удобренному фону был равен в этом случае 7379 кг/га. Почва экспериментального участка в «Отрадном» обладала высоким естественным плодородием, обеспечившим урожай, при площади питания 60 × 40 см, в 7784—8558 кг/га сухого вещества клубней. Дополнительная заправка этой же почвы высокими дозами органических и минеральных удобрений вела, при соблюдении той же площади питания, к снижению урожая клубней и к увеличению урожая стеблей как по сухому веществу, так и по крахмалу, причем динамика учета нарастания органического вещества и крахмала в этом случае показала, что на неудобренных делянках происходит более быстрое накопление урожая клубней, а на удобренных делянках — стеблей. Листья на удобренных делянках также вначале быстрее накапливали органическое вещество и крахмал и лишь впоследствии, благодаря загущенности и полеганию стеблей, развитие листьев приостановилось. Увеличение площади питания, благодаря взятию кустов на анализ, способствовало увеличению урожая удобренных делянок и уменьшению урожая неудобренных делянок.

При хорошем обеспечении почвы питательными веществами сорт Лорх дал более высокий урожай клубней, чем сорт Вольман. При обильном обеспечении почвы питательными веществами и недостаточном размере площадей питания, когда в развитии клубней наступала депрессия, сорт Лорх, как менее позднеспелый, в меньшей мере был подвержен этой депрессии, чем сорт Вольтман.

3. На величину оптимальных площадей питания, кроме степени обеспеченности почвы питательными веществами, оказывают также большое влияние климатические особенности того или иного района: температура, влажность воздуха и длина дня. Сочетание высокой температуры, сравнительно малой относительной влажности воздуха и короткого дня способствует слабому развитию ботвы у картофеля. Такие условия находятся в южных районах СССР. Вполне очевидно поэтому, что величина оптимальных площадей питания в южных районах, при достаточном их обеспечении влагой, будет значительно меньшей, чем в центральных и северных районах.

4. Процентное содержание крахмала в клубнях увеличивалось с течением времени. Процентное содержание крахмала в листьях и стеблях увеличивалось лишь в осенний период, когда температура воздуха, особенно в ночное время,

заметно понизилась. Объясняется это тем, что в осеннее время дневного тепла было вполне достаточно для синтеза листьями крахмала, отток же крахмала из листьев в стебли и из стеблей в клубни, благодаря ночным понижениям температуры, был заметно ослаблен.

5. Процентное содержание азота и фосфорной кислоты в разных частях растения уменьшается с течением времени. Исключение представляет лишь процент фосфорной кислоты в корнях, несколько увеличивающийся с течением времени.

Содержание азота и фосфорной кислоты в абсолютных величинах в клубнях непрерывно возрастает до самой уборки, в то время как содержание этих элементов в листьях достигает своего максимума к 20—30 июля, после чего происходит уменьшение их. Поглощение азота стеблями у сорта Вольтман непрерывно возрастает до самой уборки, у сорта же Лорх оно прекратилось к 13 сентября. Поглощение фосфорной кислоты стеблями у обоих сортов картофеля достигает своего максимума в конце июля — на делянках, получивших полную дозу минеральных удобрений перед посадкой клубней, и к 26 августа — на неудобренных делянках и на делянках, получивших половину минеральных удобрений в виде подкормки.

Абсолютное количество поглощенного азота и фосфорной кислоты целым растением непрерывно возрастало до самой уборки.

6. Процентное содержание калия в листьях держится примерно на одном и том же уровне в течение всего вегетационного периода. Оно, подобно проценту крахмала в листьях, несколько увеличивается с наступлением похолодания и падает после побития листьев морозами или засыхания отмерших листьев.

Процент кальция и магния в листьях также держится примерно на одном уровне, достигая несколько большей величины в момент уборки.

Процентное содержание калия, кальция и магния в стеблях, клубнях и корнях непрерывно уменьшается до самой уборки.

Абсолютное содержание калия, кальция и магния в клубнях непрерывно увеличивается до самой уборки.

В абсолютном содержании калия, кальция и магния в стеблях и листьях нет такой полной аналогии, как в клубнях: в то время как абсолютное содержание калия в листьях постепенно возрастает до момента побития листьев морозами, а абсолютное содержание калия в стеблях возрастает только до конца июля, после чего начинается падение его, абсолютное содержание кальция и магния увеличивается в листьях на удобренных делянках только до 21 июля и на неудобренных делянках — до 26 августа, после чего в содержании названных элементов наступает стабилизация или падение их; абсолютное же содержание кальция и магния в стеблях имеет непрерывно увеличивающийся характер до 13 сентября у сорта Лорх и до 1 октября у сорта Вольтман.

Абсолютное содержание калия, кальция и магния в целом растении увеличивается до момента побития ботвы морозом.

7. Сравнение проведенных нами исследований по процентному содержанию азота, фосфора и калия в разных частях картофеля с широко известными исследованиями Вильфарта, Реми и Виммера, а также с исследованиями Винсента, показывает, что результаты наших исследований довольно близко совпадают с результатами исследований упомянутых авторов. Довольно близко также совпадают наши данные с данными названных исследователей по абсолютным количествам поглощенных клубнями питательных веществ.

Анализ наших данных и данных Вильфарта, Реми и Виммера по динамике образования сухого вещества и накопления крахмала в разных частях растения подтверждает правильность сделанного нами вывода о зависимости размера площадей питания от степени обеспеченности почвы питательными веществами.

8. Из результатов наших исследований вытекает, что дробное внесение фосфатных удобрений не будет давать заметного положительного эффекта, в то время как дробное внесение азотных и калийных удобрений должно сопровождаться ощутимой прибавкой урожая клубней.

9. Установленные нами выносы питательных веществ двумя техническими

сортами картофеля могут быть использованы в практических условиях при расчетах доз удобрений, сообразно той или иной ожидаемой высоте урожая. Но вполне очевидно, что для этих целей могут быть использованы выносы только тех вариантов, на которых не было депрессии в урожае клубней от высоких доз удобрений.

Всесоюзный научно-исследовательский
ин-т спиртовой промышленности.

Поступило
20. VII. 1939

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ахромейко А. И., К изучению причин неотзывчивости южных почв на удобрения, Тр. Ин-та удобрений, вып. 107, 1933a.
[2] Ахромейко А. И., Влияние соотношения C : N на поступление азота в растение, Тр. Ин-та удобрений, вып. 107, 1933b.
[3] Ахромейко А. И., Плодородие и отзывчивость на удобрения основных почвенных типов СССР. Удобрение в борьбе за высокий урожай. Изд. ОНТИ, 1935. (Комитета по химизации народного хозяйства при Госплане СССР).
[4] Ахромейко А. И., О выделении корнями растений минеральных веществ, Известия Академии Наук СССР, биологическая серия, 1936.
[5] Бюллетень ВАСХНИЛ, № 4, 1936.
[6] Отчет за 1912—1917 г. Вырыпаевского оп. поля.
[7] Отчет Воронежской опытной ст. за 1937 г. Рукопись Картоф. управления НКЗ РСФСР.
[8] Отчет Тамбовской опытной станции, вып. 13, стр. 29, 1928.
[9] Песчано-картофельное оп. поле, вып. III, 1929—1930.
[10] Площади питания под картофель в южных районах. Рукопись Ин-та картофельного хозяйства.
[11] Полевые опыты на опытных учреждениях. Сводка НКЗ за 1924 г. в связи с предыдущими годами.
[12] Прянишников Д. Н., Картофель. Москва, 1922.
[13] Сабинин Д. А. и Колосов И. И. Исследования над поступлением питательных веществ в растения, Труды ВИУА, вып. 8, 1935.
[14] Сводка по БССР, Рукопись Ин-та спиртовой промышленности.
[15] Сводка по Курской и Воронежской обл. Рукопись Ин-та спиртовой промышленности.
[16] Труды Полесской обл. опытной станции, т. III, вып. 43, 1929.
[17] Филипповский А., Из результатов опытов по культуре картофеля (сеть оп. п. сахарозаводчиков), 1914.
[18] Achromeiko A. J., Über die Ursachen der Unempfindlichkeit der südlichen Bodenarten gegen Dünger, Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düng. und Bodenkunde, T. A, 1933b.
[19] Claypool L. and Morris O., Some responses of potato plants to specing and thining, Proc. of the Am. Soc. for Hortic. Science, 249, 1931.
[20] Dhein A., Untersuchungen über Art und Wesen einiger Kalisalzwirkungen, Landw. Jahrbücher, Bd. LXX, 1929.
[21] Edmundson W. C., U. S. Depart. of Agricult., Circul. № 338, Waschington D. C., 1935.
[22] Hansteen-Cranner B. B., Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebenden Pflanzenzellen, Medinger fra Norges Landbruk. Choickole, B. 2, 1922.
[23] Jenkins J., Potato spacing. South Carolina. Exp. St. Rpt., p. 140, 1934.
[24] Lundegårdh H. Studies over Sträsädens närings uppiagande samt deffas betydelse for tillväkten och for uppkomsten av icke-parasitarejukdomar, Meddelande № 403. fråa Centralanstalten för försoksväsendet paa jordbruksområdet-Avdelningen för Lantbruksbotanik, № 50. Stockholm, 1931.
[25] Lundegårdh H., Die Nährstoffaufnahme der Pflanze. 1932.
[26] Mottet (maison Vilmorin), La Pomme de terre, 1920.
[27] Remy, Handbuch des Kartoffelbaues, 1928.
[28] Schaffnit u. Wilhelm, Küleversuche mit verschiedenen ernärten Pflanzen und Untersuchungen über die Stoffwechselphysiologie, 1933.
[29] Schlumberger O., Die Kartoffel im Lichte physiologischer Forschung, Ang. Bot., Bd. VIII, S. 262—274, 1926.
[30] Schmalfuss, Zur Kalifrage, Ztsch. f. Pflanzern., Düng. u. Bodenkunde, T. A, Bd. 28, H. 5/6, S. 390, 1933.
[31] Schmalfuss, Untersuchungen über den Eiweisstoffwechsel Kaliummangpflanzen, Physiolog., V. 3, 207, 1932.
[32] Schmalfuss, Über die Rolle des Kalium im Stoffwechsel der Pflanze, Forschritte der Landwirtschaft, H. 16, 526, 1931.
[33] Schneider G., D-r, Die Pflanzenweite der Kartoffeln, Kartoffelbaugesellschaft, Flugblatt № 36, April, Berlin, S. 1—24, 1932.
[34] Vincent, Herviaux et Sarazin, Étude du developpement d'une pomme de terre à grand rendement, Annales Agronomiques, № 5, p. 667—684, 1934.
[35] Wenk, Kartoffelzüchtungsfragen. Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, April, H. 1, S. 2, 1936.
[36] Wi fart H., Römer K. und Wimmer G., Über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen in verschiedenen Zeiten ihres Wachstums, Die Landw. Versuch-Station, Bd. 63, S. 1—70, 1906.

A. J. AKHROMEIKO. THE RATE OF ABSORPTION OF NUTRIENT SUBSTANCES AND ACCUMULATION OF STARCH BY POTATOE

SUMMARY

In 1937 at two localities of the Soviet Union (in the White-Russian S. S. R. and in the vicinity of Moscow) field experiments were started with two kinds of potatoe (Lorch and Woltman) the respective soils having a different supply of nutrient matters. The aim was to establish the rate of increase of organic matter and starch during the vegetation period and the rate of absorbtion of nutrient substances by various organs of the plant such as leaves, stems, tubers and roots.

(1) As the result of the study it was revealed that with the common standard nutrition area (70 × 35 and 60 × 40) and with an average supply by nutritious substances in tubers of both kinds of potatoe the continous increase of dry matter and starch was observed until the harvest time. Under the same conditions of nutrition and spacing of plants the increase in dry matter and starch content lasted until the foliage was frostbitten, after which a marked decrease of starch in leaves and stems was observed while the dry matter content was relatively but negligently lowered. This argues for the fact that the outflow of carbohydrates from the supersoil parts of the plant into tubers was taking place even after the foliage had been frost-bitten.

(2) A different character of the rate of increase of the dry matter and starch content was observed when an abundant supply of the soil with nutrient substances was provided, the same standard areas of nutrition having been retained. In this case the increase in the dry matter and starch content lasted only until the end of July; thereafter, due to the exceedingly thick spacing of stems or their lodging the dry matter and starch content in leaves became either stable or lowered. Under the same conditions the increase in dry matter content in stems continued until the onset of frost, by which the foliage was bitten and subsequently to which the starch content in stems decreased. The accumulation of dry matter and starch in tubers was of the same character as in the first case, however the rate of accumulation in the second case was checked due to an exhuberant development of stems, so that major portion of the accumulated starch was spent in building these stems.

The exhuberant development of stems under the conditions of abundant supply of the soil by nutrient substances was caused by the fact that the standard areas of nutrition adopted for the experiment proved to be inadequate for a normal development of plants under these conditions and resulted in the above-mentioned exhuberant development and lodging of stems on one hand, and to an inadequate development of leaves and tubers on the other.

(3) The percentage content of nutrient substances in various portions of the plant was gradually decreasing until the reaping time. An exception was the percentage of calcium and magnesium in leaves which was not lowering in time, but was samewhat increasing until the gathering time.

(4) The curves of absorption of nutrient substances by tubers in all cases were invariably ascending until the reaping time.

The curves of absorption of N, P_2O_5, MgO by stems were ascending until the foliage was frost-bitten, subsequently to which they became stabilized on the reached level. The curve of absorption of potassium by stems was ascending only until the close of July, thereafter it commenced to lower. The curve of absorption of calcium by stems was going up until the reaping time.

The curves of absorption of nutrient substances by leaves are on the whole identical with those of stems the difference being that the curve of potassium in leaves began descending only subsequently to their drying away, and in a less distinct form than in stems, whereas the descending of the nitrogen curve is more pronounced in leaves than in stems.

The absolute amount of nutrient substances absorbed by various organs of the plant was dependant more upon the degree of development of the organ in question than on the degree of content of nutrient substances in the soil.

(5) The generatized curves of absorption of nutrient substances by the whole plant are ascending until the foliage is frost-bitten subsequently to which either a stabilization or a slight descending of the curves is observed.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

М. Н. ВОРОБЬЕВА

АЗОТИСТЫЙ ОБМЕН У РАСТЕНИЙ ПРИ ВИРУСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

(*Представлено академиком* А. Н. Бахом)

I. Динамика азотистых веществ у сортов картофеля при вирусном заболевании и южном вырождении

Вирусные заболевания растений за последнее время все больше привлекают внимание исследователей. Изучение их у растений идет по двум основным направлениям; большая часть работ посвящена исследованию самого вируса, его природы [Стэнли, Выков (Stanley, 1937; Wyckoff, 1937)], иммунитету растений к вирусным заболеваниям [Честер (Chester, 1933); Саламан (Salaman, 1936); Вавилов, 1935; Сухоруков, 1930] и меньше всего выполнено работ по физиологии и биохимии больного растения. Установлено экспериментально, что вирусные болезни растений нарушают нормальный ход процессов обмена веществ. Так, Купревич (1934) нашел, что мозаичная болезнь картофеля снижает содержание хлорофилла на 22—25%, а скручивание листьев картофеля — на 57—58%. Энергия ассимиляции при болезни скручивания листьев картофеля ниже, чем у здоровых. По данным Купревича, эта болезнь снижает ассимиляцию на 30—40%.

Ослабление фотосинтеза у больных растений, однако, не ведет к обеднению углеводами надземной части растений; ткани их листьев переполнены углеводами, но подземные части ими значительно беднее, в силу нарушения процессов оттока ассимилятов. По Купревичу, отношение веса клубней картофеля к стеблям у здорового растения 1 : 0.89, у мозаичного 1 : 1.38, у больного скручиванием листьев 1 : 2.91. Пройда (1930) отмечает падение содержания сахара в корнях сахарной свеклы при мозаике на 13%.

Причина задержки оттока ассимилятов из зеленых частей вирусного растения еще не вполне выяснена. Рыжков (1934) по этому вопросу приводит предположения ряда авторов: одни считают, что торможение оттока ассимилятов вызывается некрозом флоэмы, но, как показывают наблюдения, одним некрозом это явление объяснить нельзя, так как задержка оттока углеводов листьями больного растения наблюдается значительно раньше появления некроза. Имеются также указания, что самое проникновение и распространение вируса в организме растения затрудняет отток ассимилятов. Гартиш (Hartisch, 1934) считает, что уменьшение активности β-амилазы (сахарогенной) и относительное повышение активности α-амилазы (декстриногенной амилазы) приводит к накоплению декстринов в больных скручиванием листьях, которые, по его мнению, вызывают медленный ток веществ и закупорку в проводящей системе. Непосредственных наблюдений, однако, автором не приводится.

Можно было бы объяснить торможение оттока крахмала из листьев вирусных растений пониженной активностью фермента диастаза, но опыты Опарина (1928) показали, что активность амилазы и пероксидазы в листьях мозаичной свеклы выше, чем у здоровых. Кокин (1937) констатировал повышение активности пероксидазы в листьях табака, зараженного обыкновенной мозаикой.

Изучение энергии дыхания пораженного вирусом растения дало разноречивые результаты. В опытах Уайтхэд (Whitehead, 1934) интенсивность дыха-

ния у картофеля, больного скручиванием листьев (leafroll), в течение всего периода покоя клубней и вегетации была выше, чем у здоровых (в клубнях и листьях). По данным Купревича, при этой же болезни картофеля дыхание листьев больных растений было одинаково со здоровым, а у мозаичного картофеля отмечено повышение дыхания на 50%.

Транспирация у мозаичного картофеля, по Купревичу, вдвое выше, по сравнению со здоровым, но в опытах Кокина растение (табак), больное морщинистой мозаикой, испаряло воды меньше, чем здоровое.

Как видно из литературного обзора, вирусные заболевания растений нарушают основные физиологические функции, в результате чего наступают изменения в обмене веществ.

Азотистый обмен веществ при некоторых вирусных болезнях характеризуется повышением белкового азота; по другим формам азотистых соединений наблюдается снижение или повышение. Карачевский (1934) нашел, что болезнь «одеревянение плодов» помидоров снижает содержание общего азота. По его данным, отношение C:N у здорового плода 1,9, а у больного 7,9.

Худына (1936) сообщает, что листья табака, больного мозаикой, имеют больше белка и меньше никотина, чем здоровые. Свободные основания сильно изменялись на 15-й день после заражения; затем наблюдалось некоторое увеличение их, но все же содержание оснований в больном растении оставалось значительно ниже, чем в здоровом. Кокин, выясняя вредоносность обыкновенной табачной мозаики на листьях табака сорта Дюбек Никитский № 44, показал, что больные листья содержат больше белка, чем здоровые.

Целью нашего исследования было:

1) изучить азотистый обмен у растений, пораженных вирусом, и сопоставить его с азотистым обменом растений, больных южным вырождением;

2) проследить азотистый обмен на различно иммунных к вирусным болезням сортах табака с целью выявления признаков иммунитета.

Объектом нашего изучения было несколько сортов картофеля с типичными признаками вирусных заболеваний и южным вырождением. В табл. 1 указаны сорта картофеля и формы вирусных заболеваний, определенные в Картофельном институте, откуда получен материал. Сорта картофеля с признаками вырождения в южных условиях нам предоставил Одесский генетико-селекционный институт. Кроме того, в исследование мы включили клубни сорта Раннего розового, прогретые в термостате одни сутки при температуре от 40 до 45° С. Постановкой этого опыта (прогревание клубней) преследовалась цель проследить смещение азотистого обмена в маточном клубне после кратковременного действия и после действия температуры на развитие растения.

Таблица 1

Перечень сортов, использованных для анализов

Название сорта картофеля	Название форм заболеваний	Происхождение
Эпикур	Здоровый	Моск. обл. картоф. институт
»	Морщинистая мозаика	То же
»	Летней посадки 1935 г.	Одесск. обл. генет.-селекц. институт
»	Весенней посадки 1935 г.	То же
Элла	Летней посадки 1935 г.	»
»	Весенней посадки 1935 г.	»
Голландский	Здоровый	Моск. обл. картоф. институт
»	Аукуба	То же
Ранний розовый	Здоровый	»
» »	Опытный. Маточный клубень, прогретый в термостате 1 сутки при температуре 40—45° С	»

Все перечисленные сорта картофеля 1.VI.1936 высаживались в глиняные вазоны и во все время вегетации находились в оранжерее при оптимальном увлажнении почвы и прочих равных условиях.

Методика

Определение форм азота аммиачного и амидного производилось в клубнях и надземных частях картофеля. Клубни картофеля растирались на терке, а стебли с листьями — в фарфоровой ступке и из этой кашицы брались две параллельные навески от 15 до 30 г.

После этого обычным путем приготовлялась водная вытяжка при нагревании до 45° С. Первое фильтрование производилось через марлю, затем в вытяжке осаждался белок 5% таннином. Осадок белка промывался и отбрасывался, а водная вытяжка, доведенная до определенного объема, делилась на две равные части; одна шла на определение амидного азота, другая — свободного аммиака.

Определение амидного азота производилось по методу Сакса-Викери, а аммиачного — по методу Лонге с отгонкой в вакууме.

Все пересчеты азота сделаны на 100 г абсолютно сухого вещества.

Прежде, чем приступить к изложению полученных данных по азотистому обмену, необходимо остановиться на описании роста и развития опытных растений.

Фенологические наблюдения за сортом Ранний розовый показали, что влияние повышенной температуры на маточный клубень проявлялось только в задержке роста, общий же вид растения был совершенно нормальный, т. е. вызвать вырождение экспериментальным путем указанным воздействием в наших условиях не удалось.

Ниже приводится таблица анализов по азотистому обмену в клубнях и надземных органах. Определение форм азота в маточных клубнях производилось 25.IV, а в стеблях с листьями 10.VII.

Таблица 2

Динамика азотистых веществ в клубнях и надземных частях картофеля после температурного воздействия

Название сорта	В маточных клубнях, в %				В надземных частях, в %			
	аммиачный	отношение	амидный	отношение	аммиачный	отношение	амидный	отношение
Ранний розовый, контроль	0 0093	100	0.2495	100	0.0351	100	0.0113	100
Ранний розовый, опытный	0.0170	182.0	0.2931	117.5	0.0419	119.4	0.0361	319.5

Из табл. 2 видно, что температурное воздействие на здоровый маточный клубень способствует накоплению аммиака и амидов. В дальнейшей вегетации надземные органы растения сохраняют повышенное содержание аммиака и амидов, как последействие прогрева клубней.

Нарушение азотистого обмена веществ в растениях под влиянием того или иного фактора отмечалось и раньше. В опытах Прянишникова (1895) с этиолированными проростками *Vicia sativa* было больше аспарагина, чем в зеленых проростках. Буткевич (1904), действуя парами толуола на проростки синего люпина, вызвал прекращение образования аспарагина, но в то же время свободный аммиак увеличивался.

Альтергот (1936) констатировал количественные изменения амидов и накопление аммиака при температурном воздействии у различных растений. По его данным, этиолированные проростки картофеля, при температуре 40—42° С

содержали аммиака в 7 раз больше по сравнению с проростками, находящимися при температуре 13—15° С.

Хлебникова (1934) наблюдала повышение амидного азота в жаркие часы дня в листьях бахчевых культур.

Из цитированной литературы следует, что действие различных неблагоприятных факторов нарушает азотистый обмен и вызывает накопление ядовитого для растения аммиака.

Вполне естественно было изучить азотистый обмен у вырожденного картофеля.

Теория стадийного развития акад. Лысенко (1925) позволяет рассматривать сорта картофеля, в нашем опыте Элла и Эпикур весенней посадки, в одесских условиях 1935 г. по отношению к картофелю, полученному из Картофельного института, как вырожденные и стадийно более старые.

По опытным данным акад. Лысенко из 517 растений летней посадки вырожденных было 78, или 15%, а на 501 растение весенней посадки — 279 растений, или 53% (взяты только неяровизированные).

Наблюдение за развитием сорта Элла летней и весенней посадки из Одессы в условиях Москвы 1936 г. подтверждают опыты акад. Лысенко. Растения были явно больные, листья бледнозеленые, стебли вытянутые, стекловидные, с утолщением междоузлий. Эти признаки резче были выражены у растений из клубней весеннего срока посадки, где к тому же стебли стелились по поверхности почвы. Азотистые вещества в маточных клубнях определялись 19.IV, а в стеблях с листьями — 13.VII.1936 г., в клубнях урожая 1936 г. — 9.XI.1936 г.

Данные по азотистому обмену сведены в табл. 3.

Таблица 3

Динамика азотистых веществ в клубнях и надземных частях картофеля при южном вырождении

Название сорта	В маточных клубнях				В надземных частях				В клубнях урожая 1936 г.			
	аммиачный, в %	отношение, в %	амидный, в %	отношение, в %	аммиачный, в %	отношение, в %	амидный, в %	отношение, в %	аммиачный, в %	отношение, в %	амидный, в %	отношение, в %
Элла летней посадки . .	0.0140	100	0.2139	100	0.0175	100	0.0599	100	0.0083	100	0.0740	100
Элла весенней посадки.	0.0184	130.0	0.4265	199.4	0.0338	193.1	0.1076	179.0	0.0175	210.8	0.2161	292.0

Табл. 3 показывает, что при весеннем сроке посадки картофеля, по сравнению с летним сроком посадки, увеличивается содержание аммиака, а именно: в маточных клубнях на 31%; в стеблях с листьями — на 93%; в клубнях урожая 1936 г. — на 110%.

Амидный азот также подвергается сильному изменению; в клубнях урожая 1936 г. его в 3 раза больше, чем в клубнях летней посадки. Несмотря на изменение экологических факторов в этом опыте (выращивание в Москве), последействие одесских условий сохраняется и прогрессирует при дальнейшем развитии картофеля.

Сорт Эпикур летней посадки в нашем опыте 1936 г. по внешнему виду не отличался от здорового сорта Эпикур, но кусты весенней посадки задерживались в росте; на краях нижних листьев очень рано появились некротические участки, которые к концу вегетации увеличивались.

Клубни больных морщинистой мозаикой растений (получены из Института картофельного хозяйства) дали вытянутые стебли с уменьшенными пластинками листьев, окраска которых была желтовато-зеленая. Определение азо-

тистых веществ в маточных клубнях проводилось 11.IV, а в стеблях с листьями — 25.VII.1936 г.

Анализы азотистых веществ сведены в табл. 4.

Таблица 4

Динамика азотистых веществ в клубнях и надземных частях при южном вырождении и вирусном заболевании картофеля

Название сорта	В маточных клубнях, в %				В надземных частях, в %			
	аммиачный	отношение	амидный	отношение	аммиачный	отношение	амидный	отношение
Эпикур здоровый . . .	0.0083	100	0.2341	100	0.0503	100	0.0673	100
Эпикур летней посадки .	0.0080	96.3	0.2773	118.4	0.0469	93.2	0.0777	115.3
Эпикур весенней посадки	0.0201	242.2	0.2900	124.9	0.0628	124.8	0.0956	142.0
Эпикур, больной морщинистой мозаикой .	0.0183	220.5	0.253	108.1	0.0605	140.1	0.0637	94.6

Из данных табл. 4 видно, что весенний срок посадки (в одесских условиях) картофеля сорта Эпикур нарушает азотистый обмен веществ в растении так же, как и у сорта Эллы, и приводит к увеличению аммиачного и амидного азота. Морщинистая мозаика у этого же сорта приводит к накоплению аммиака в маточных клубнях, достигающему 120% от содержания в здоровых растениях, а в стеблях с листьями — на 40%; амидный азот уменьшается незначительно.

Сопоставляя данные анализов азотистых веществ здорового сорта Эпикур с летним и весенним сроком посадки (в одесских условиях), мы можем сделать следующий вывод: весенний срок посадки, приводящий к вырождению картофеля на юге, создает картофельное растение с повышенной аммиачностью и амидностью. При летнем сроке посадки растение по обмену веществ не отличается от здорового растения. Это еще раз говорит о правильности указания акад. Лысенко и значении его теоретических положений в разрешении проблемы культуры картофеля на юге Украины.

Переходя к сорту Голландский, надо отметить, что он поражается аукубой. Больные растения имели вытянутые и распластанные стебли, с светлозелеными листьями. Азотистые вещества в маточных клубнях нами определялись 15.V, в стеблях с листьями 29.VII.1936 г.

Анализ азотистых веществ здоровых растений и больных аукубой приводим ниже в табл. 5.

Таблица 5

Динамика азотистых веществ в клубнях и надземных частях картофеля при вирусном заболевании

Название сорта	В маточных клубнях, в %				В стеблях с листьями, в %			
	аммиачный	отношение	амидный	отношение	аммиачный	отношение	амидный	отношение
Голландский здоровый	0.0113	100	0.0711	100	0.0541	100	0.0390	100
Голландский аукуба . .	0.0126	111.5	0.0414	58.2	0.0631	118.5	0.0143	36.7

Изменение азотистых веществ в сорте Голландский, пораженном аукубой, можно характеризовать тем, что в клубнях и вегетативных частях наблюдается

сильное падение количества амидного азота, тогда как аммиачный азот почти что не изменяется.

II. Динамика азотистых веществ в листьях различных сортов табака при заражении обыкновенной мозаикой

Свойство растений противостоять вирусным заболеваниям, различные проявления иммунитета растений к вирусам даны в докладе Саламан (Salaman) на III Международном конгрессе по сравнительной патологии (1936). Вирусные заболевания, как обыкновенные мозаики, могут быть широко распространенными, охватывая ряд родов и даже семейств. На ряду с этим имеются вирусные заболевания, как «X» и «Y», поражающие только определенные виды. Иммунное начало, по Salaman'у, вырабатывается только в листе и передвигается по растению вместе с током органического вещества. Иммунные реакции при вирусном заболевании протекают, главным образом, в листе, стебель же часто является носителем вирусной инфекции. Особенно это относится к растениям сем. *Solanaceae* и роду табаков (*Nicotiana*). Среди хозяйственных сортов и разновидностей *Nicotiana Tabacum*, по наблюдениям Худына (1936), нет форм, резко различающихся между собой по устойчивости к табачной мозаике.

Для своих исследований мы взяли несколько видов *Nicotiana* (*N. Tabacum* var. *macrophylla*, *N. Tab.* var. *chinensis*, *N. Tab.* var. *havana*, *N. glutinosa* и *N. rustica*), различающихся по степени устойчивости к табачной мозаике и форме проявлений заболеваний.

Отношение взятых растений к заражению табачной мозаикой нами представлено в схеме-таблице 6.

Таблица составлена по нашим наблюдениям за развитием заболевания. Семена опытных растений нами были получены от доктора Д. Костова (Институт генетики АН), растения выращены в оранжерейных, для всех растений сравнительно одинаковых условиях.

Таблица 6

Название сорта	Характер заболевания
N. Tab. var. *macrophylla*	Верхние листья мозаичные, с темнозелеными и желто-зелеными пятнами, жилки листьев окружены темнозеленой полоской. Некроз отсутствует. На листьях имеются вздутия с верхней стороны, темнозеленого цвета. Растения отстают в росте
N. Tab. var. *chinensis*	Общий габитус напоминает этиолированное растение. Пластинки листьев (верхних) приобретают ланцетовидную форму. Листья с бледнозелеными и бледножелтыми пятнами. Жилки листьев резко выступают, их сопровождает узкая темнозеленая полоска. Растения отставали в росте, а к концу вегетации совершенно были лишены хлорофилла
N. Tab. var. *havana*	Симптомы болезни те же, что и на *N. Tab.* var. *macrophylla*, но с менее резкими темнозелеными и светлозелеными пятнами на листьях. Вздутия на листьях отсутствовали
N. rustica	Мозаичности листьев не наблюдалось. Некротические пятна рассыпаны по всем листьям. Особенно сильно повреждены верхушки, которые были сильно деформированы. Растения цвели и плодоносили, но при этом наблюдалось опадение бутонов до цветения
N. glutinosa	Некротические пятна обнаружены только на двух зараженных листьях на 4-й день, все же остальные листья имели нормальную окраску и не отличались от здоровых

Все перечисленные сорта табака 9.III.1937 г. были высеяны в ящики, посадка производилась 4.V, в вазоны (4 кг почвы) по 5 растений (в $1^1/_2$ кг почвы по 1 растению). 7.VI растения заражались неразведенным соком растения, больного обыкновенной мозаикой. Сок, содержащий вирус обыкновенной (табачной) мозаики, нами был получен из Института микробиологии Академии Наук.

Растения заражались в пазуху двух листьев среднего яруса. Сначала делался укол энтомологической иглой, затем наносились две капли сока на место укола. С контрольными растениями поступали так же, с той разницей, что на место укола наносились две капли дестиллированной воды. Всего было заражено по 20 растений каждого сорта.

Зараженные и здоровые растения оставались на все время опыта в оранжерее, при оптимальном увлажнении.

Листья для анализов брались с растения, считая сверху, с третьего листочка, на 10-й, 21-й и 58-й день после заражения. Листья фиксировались сухим жаром, при температуре 107° С в течение 10 минут, затем высушивались до воздушно сухого состояния при 45°С.

Определение амидного азота производилось по методу Сакса и Викери, а аммиачного — по Лонге с отгонкой в вакууме. Белковый азот осаждался 5% таннином.

На 10-й день инфекции в сортах *N. Tab.* var. *macrophylla*, *N. Tab.* var. *chinensis*, *N. Tab.* var. *havana* было 100% заражение; у *N. rustica* признаков болезни не было обнаружено, а *N. glutinosa* давала некротические пятна на листьях уже на 4-й день.

Развитие болезни у различных сортов проявлялось различно, а поэтому необходимо остановиться на описании заболевания по каждому сорту.

Сорт *N. Tab.* var. *macrophylla*.

Симптомы болезни хорошо видны на верхних листьях на 10-й день заражения. Верхние листья мозаичны, с темнозелеными и светлозелеными пятнами. Жилки листьев окружены темнозеленой полоской, некроз отсутствует. На листьях с верхней стороны имеются вздутия темнозеленого цвета; растения отстают в росте.

Динамика азотистых веществ приведена в табл. 7.

Таблица 7

Динамика азотистых веществ в листьях *N. Tabacum* var. *macrophylla* в связи с заражением обыкновенной табачной мозаикой

Дата взятия проб	Название сорта	Азот (в %)					
		аммиачный	отношение	амидный	отношение	белковый	отношение
17.VI	*N. Tab.* var. *macrophylla* не заражен	0.1002	100	0.0378	100	2.7003	100
17.VI	*N. Tab.* var. *macrophylla* заражен	0.0838	83.6	0.0341	90.2	3.1182	115.1
28.VI	*N. Tab.* var. *macrophylla* не заражен	0.1055	100	0.0178	100	2.0344	100
28.VI	*N. Tab.* var. *macrophylla* заражен	0.1468	148.6	0.0000	0.0	3.1837	156.5
5.VIII	*N. Tab.* var. *macrophylla* не заражен	0.0982	100	0.0053	100	2.2275	100
5.VIII	*N. Tab.* var. *macrophylla* заражен	0.0921	93.8	0.0069	130.0	2.6088	117.1

Эти данные говорят о том, что азотистый обмен веществ в листьях табака в связи с вирусным заражением сильно нарушается: уже на 10-й день инфекции белковый азот в листьях увеличивается на 15%. Дальнейшие анализы показывают, что накопление белкового азота в больных листьях продолжается и в последующие периоды, увеличиваясь к 21-му дню инфекции на 56% и на 58-й день — на 17%.

Амидный азот также изменяется, т. е. на 10-й день падает, а на 21-й день после заражения совсем исчезает и только на 58-й день инфекции увеличивается, по сравнению с здоровым, на 30%.

Аммиачный азот в первом (10 дн.) и в последнем случае (58 дн.) падает, а на 21-й день повышается на 48%.

N. Tab. var. *chinensis.*

Симптомы болезни проявляются на 10-й день инфекции. Общий вид больных растений напоминает этиолированные растения. Верхние листья приобретают ланцетовидную форму, окраска пластинки листьев бледнозеленая, с бледножелтыми пятнами. Жилки листьев резко выступают по обеим сторонам; их сопровождает темнозеленая узкая полоска. Растения отстают в росте, некроз отсутствует. Больные растения цвели и плодоносили, и к концу вегетации их листья имели редкие желто-зеленые пятна.

Динамика азотистых веществ дана в табл. 8.

Таблица 8

Динамика азотистых веществ в листьях *N. Tabacum* var. *chinensis* в связи с заражением обыкновенной табачной мозаикой

Дата взятия проб	Название сорта	Азот (в %)					
		аммиачный	отношение	амидный	отношение	белковый	отношение
17.VI	*N. Tab.* var. *chinensis* не заражен .	0.0713	100	0.0072	100	3.3611	100
17.VI	*N. Tab.* var. *chinensis* заражен . . .	0.0450	63.1	0.0012	16.9	3.4779	103.5
28.VI	*N. Tab.* var. *chinensis* не заражен .	0.184	100	0.024	100	2.3441	100
28.VI	*N. Tab.* var. *chinensis* заражен . . .	0.168	91.3	0.013	54.2	3.1497	134.4
5.VIII	*N. Tab.* var. *chinensis* не заражен	0.0770	100	0.0911	100	3.2476	100
5.VIII	*N. Tab.* var. *chinensis* заражен . . .	0.0920	119.5	0.0257	28.2	2.8814	88.7

Из табл. 8 видно, что и в сорте *N. Tab.* var. *chinensis* белковый азот у зараженного растения на 10-й день инфекции увеличивается на 3%, на 21-й день на 34%, в конце вегетации падает на 12%, по сравнению с здоровым.

Снижение белкового азота на 58-й день после заражения, по всей вероятности, стоит в связи, с одной стороны, со старением листьев, с другой — с сильной потерей хлорофилла зараженным растением.

Амидного азота больные листья в эти три срока содержат значительно меньше, чем контрольные листья.

Аммиачный азот в первые два срока падает, а в последнем увеличивается на 19%.

N. Tab. var. *havana.*

Симптомы болезни те же, что и у *N. Tab.* var. *macrophylla*, но менее резко выражена мозаичность листьев. Вздутий на листьях нет, некроз также отсутствует. Растения задержаны в росте.

Данные азотистого обмена привдены в табл. 9.

Табл. 9 показывает, что у *N. Tab.* var. *havana* в больных листьях белковый азот увеличивается на 10-й день инфекции на 27%, на 21-й день на 23% и в последнем сроке достигает 51%.

Амидный азот в двух первых периодах заражения падает и в последнем незначительно увеличивается.

Аммиачный азот, наоборот, в эти периоды увеличивается, а на 58-й день количество аммиачного азота приближается к здоровому.

N. glutinosa.

Симптомы болезни хорошо видны на 3—4-й день заражения. Некротические пятна наблюдались только на двух зараженных листьях. Все остальные

Таблица 9

Динамика азотистых веществ в листьях *N. Tab.* var. *havana* в связи с заражением обыкновенной табачной мозаикой

Дата взятия пробы	Название сорта	Азот (в %)					
		аммиачный	отношение	амидный	отношение	белковый	отношение
17.VI	*N. Tab.* var. *havana* не заражен . .	0.0514	100	0.0411	100	2.7154	100
17.VI	*N. Tab.* var. *havana* заражен . . .	0.0734	142.6	0.0218	53.0	3.4701	127.4
28.VI	*N. Tab.* var. *havana* не заражен . .	0.0826	100	0.0365	100	2.3069	100
28.VI	*N. Tab.* var. *havana* заражен . . .	0.151	182.8	0.0171	46.8	2.8420	123.2
5.VIII	*N. Tab.* var. *havana* не заражен . .	0.0653	100	0.0538	100	1.8114	100
5.VIII	*N. Tab.* var. *havana* заражен . . .	0.0641	98.1	0.0583	198.4	2.7370	151.1

листья имели нормальную окраску, и все растения по внешнему виду не отличались от незараженных.

Результаты анализов азотистого обмена сведены в табл. 10.

Таблица 10

Динамика азотистых веществ в листьях *N. glutinosa* в связи с заражением обыкновенной табачной мозаикой

Дата взятия проб	Название сорта	Азот (в %)					
		аммиачный	отношение	амидный	отношение	белковы	отношение
17.VI	*N. glutinosa* не заражен	0.0914	100	0.0705	100	3.8384	100
17.VI	*N. glutinosa* заражен	0.1087	118.4	0.0398	56.5	3.9157	102.0

Изучение азотистого обмена в больных листьях сорта *N. glutinosa* показывает, что белковый азот незначительно изменяется на 10-й день инфекции, аммиачный повышается на 18%, а амидный падает на 44%.

N. rustica.

Признаков болезни на 10-й день заражения не было обнаружено, позднее появились некротические пятна на верхних листьях. Мозаичности не наблюда-

Таблица 11

Динамика азотистых веществ в листьях *N. rustica* в связи с заражением обыкновенной табачной мозаикой

Дата взятия проб	Название сорта	Азот (в %)					
		аммиачный	отношение	амидный	отношение	белковый	отношение
20.VI	*N. rustica* не заражен	0.1056	100	0.0240	100	2.2430	100
20.VI	*N. rustica* заражен	0.1019	96.5	0.0228	95.0	2.1315	95.0
3.VII	*N. rustica* не заражен	0.1483	100	0.0211	100	2.4818	100
3.VII	*N. rustica* заражен	0.0824	55.5	0.0341	161.6	1.6894	68.5
5.VII	*N. rustica* не заражен	0.0745	100	0.0185	100	1.6787	100
5 VII	*N. rustica* заражен	0.1240	166.8	0.0532	287.0	2.3969	142.2

лось. Особенно сильно страдала верхушка стебля, которая была деформирована. При сильно выраженном некрозе листьев появляющиеся бутоны опадали до цветения. Растения отставали в росте.

В первые 15 дней из 20 зараженных растений 7 растений ничем не отличались от здоровых, цвели и плодоносили, но позднее на листьях появились мелкие некротические пятна.

Анализы по азотистому обмену даны в табл. 11.

Как показывает табл. 11, азотистый обмен в зараженных листьях у *N. rustica* отличен от предыдущих трех сортов табака; у *N. rustica* наблюдается падение белкового азота в первом и во втором сроке и только на 58-й день инфекции увеличивается на 42%. Аммиачный азот в эти же сроки уменьшается, и в последнем сроке взятия пробы количество аммиака в зараженных листьях на 66% больше, чем в незараженных. Содержание амидного азота на 13-й день заражения незначительно упало, но затем следует резкое повышение, достигающее на 58-й день 187%.

Обсуждение результатов

В настоящее время общепризнанным является, что вирусные заболевания растений нарушают нормальный ход обмена веществ. Авторы, изучающие физиологию и биохимию больного растения, отмечают снижение содержания хлорофилла у вирусного растения (Купревич). Однако причина, вызывающая это явление, до сих пор не выяснена. Причина снижения фотосинтеза у вирусных растений также недостаточно изучена. По мнению одних авторов, падение интенсивности ассимиляции обусловливается уменьшением содержания хлорофилла (Купревич), по мнению других, — задержкой оттока углеводов (Рыжков). Не лучше обстоит дело и с объяснением торможения оттока ассимилятов из больных листьев. Одни исследователи объясняют это повреждением проводящей ткани (Рыжков), другие — различием углеводов, накапливающихся в больных и здоровых листьях (Hartisch).

Доказано, что задержка углеводов в больных листьях не может быть объяснена инактивацией фермента диастазы, так как активность амилазы и пероксидазы в больных листьях выше, чем у здоровых (Опарин, Рожалин). Изучение энергии дыхания у пораженного вирусом растения дает разноречивые результаты; но для ряда растений установлено, что окислительно-восстановительный потенциал тканей вирусного растения выше, по сравнению с здоровым. Причина, обусловливающая высокий окислительно-восстановительный потенциал, также не вскрыта [Гей, Пфанкух (Hey, Pfankuch, 1932)].

Следующим разделом биохимии вирусных растений является изучение превращения азотистых веществ. Многие исследователи отмечали, что вирусные болезни нарушают нормальный ход азотистого обмена, выражающийся в повышении белкового азота и уменьшении или увеличении содержания растворимых форм азота (Карачевский, Худына, Кокин).

Накопление белка в листе нормального растения, как показано еще исследованиями Сапожникова (1890), зависит от процессов фотосинтеза и содержания углеводов в листе.

Изменения в ассимиляционной ткани, понижающие работоспособность зеленой клетки, приводят к снижению содержания белка. Углеводное голодание участков листа, лишенных хлорофилла при пестролистности, резко снижает в них содержание белка (Schumacher, 1928).

При вирусных заболеваниях процесс фотосинтеза обычно подавлен, тогда как накопление белка в листе повышено.

Как показали наши исследования, содержание белка в листьях при развитии вирусного заболевания все время повышается. Трудно объяснить подобное явление только нарушением оттока органических веществ и белков из листа. Стэнли (Stanley, 1936—1937) обнаружил в листьях табака, больного мозаикой, белок с большим молекулярным весом, равным 17 000 000 единиц, что позво-

ляет трактовать наши результаты по-особому. Синтез белка в листе больного растения сопровождается образованием высокомолекулярного белка — носителя вируса. Для клетки растения последний белок является веществом, отличным от пластического белка, участвующего в обмене; происходит отложение малоподвижного, физиологически инертного белка. Хотя общее содержание белка при этом и увеличивается, но физиологическая роль его ничтожна. Такое толкование биохимизма у вирусных растений нам кажется вполне вероятным. Это до некоторой степени подтверждается приводимыми в работе аналитическими данными.

Исследование азотистого обмена картофеля с признаками южного вырождения показывает, что больное растение содержит во всех частях повышенное количество аммиака. Выращивание вырожденного картофеля в благоприятных условиях теплового режима не устраняет избытка аммиака (сравнительно с нормальным растением) в течение вегетационного периода. Сдвиги в аммиачности растения под влиянием высоких температур, наблюдаемые Альтергот (1936, 1938), у картофельного растения длительно сохраняются.

Из наших данных по изучению азотистого обмена веществ можно сделать следующие выводы:

1. У картофеля при южном вырождении в клубнях и надземных частях происходит накопление аммиачного и амидного азота. При выращивании растения в оранжерейных условиях из клубней вырожденного картофеля повышенная аммиачность и амидность сохраняются во всех частях растения.

2. При весенней посадке картофеля на юге, приводящей картофель к вырождению, наблюдается наибольшее повышение в клубнях аммиака и амидов.

3. При искусственном прогревании клубней также наблюдается повышение аммиачности и амидности растений; сдвиги химизма сохраняются и в развивающемся растении.

4. При вирусной инфекции (аукуба и морщинистая мозаика) в картофеле наблюдается также повышение содержания аммиака, но содержание амидов не повышается, и в некоторых случаях даже наблюдается падение.

5. При заражениях табака табачной мозаикой наблюдались различия в азотистом обмене у форм, различных по своей устойчивости к вирусу. У растений восприимчивых (*N. Tab.* var. *macrophylla*, *chinensis*, *havana*) наблюдается нарастание в листьях белка по мере развития заболевания. Содержание аммиака и амидов подвержено колебаниям, и установить закономерность, по проведенным экспериментам, пока еще нельзя. У растений устойчивых (*N. glutinosa*) повышение белка в листьях при заражении не наблюдается, намечается его падение в первые дни после заражения, доходящее до 32% (у *N. rustica*) на 26-й день после заражения.

Автор приносит благодарность д-ру К. Костову и А. М. Фаворову (Одесский генетический институт) за предоставление набора семян табака и клубней картофеля. Работа проведена под руководством К. Т. Сухорукова.

Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева.
Академии Наук СССР.

Поступило 13. VIII. 1939

ЛИТЕРАТУРА

1 Альтергот В. Ф., О причинах гибели растения при высоких температурах. Известия АН СССР, вып. 1, 1936; Труды Ин-та физиологии растений, 1938.
2 Буткевич В. С., Регрессивный метаморфоз белковых веществ в высших растениях, Москва, 1904.
3 Букасов С., Вирусные болезни картофеля. Социалистическая реконструкция сел. хоз., 1, 1938.
4 Вавилов Н. И., Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям, Сельхозгиз, 1935.
5 Воронин, О мозаичной болезни табака, Болезни растения, 2, 1909.
6 Дунин, Вирусные болезни растения, Колхозное опытничество, 7 и 8, 1935.
7 Дунин, Капельный метод анализа вирусов в растениеводстве, Сельхозгиз, Москва, 1937.
8 Доброздракова, Непаразитные заболевания картофеля, Болезни растений, 1—2, 1927.
9 Ивановский Д., О мозаичной болезни табака, Журн. с. х. и лесоводства, 1893.

10 Камераз А. Я., Новейшие методы лабораторного определения депрессии картофеля по клубням, Соц. растениеводство, 9, 1933—1934.
11 Камераз А. Я. и Аникиев А. М., Исследования депрессии картофеля по методу Бехгольда и Эрбе, 1937; Труды по прикладной ботанике и селекции, сер. II, 11.
12 Кокин А. Я., Физиологические исследования вредоносности обыкновенной мозаики табака Дюбек Никитский № 44, Журнал «Защита растений», 12, 1937.
13 Карачевский И. К., Биохимические исследования столбурного заболевания, Сбор. Вирусные болезни в Крыму и на Украине, 1934.
14 Купревич В. Ф., Физиология больного растения (диссерт.), 1934.
15 Лысенко Т. Д., Теория развития растения и борьба с вырождением картофеля на юге, журн. Яровизация, 2, 1935.
16 Лысенко Т. Д. и Бабак М. К., Борьба с вырождением картофеля на юге УССР, ОГИЗ, Москва, 1936.
17 Мацулевич Б., Дифференциация растительных вирусов серологическим методом, Защита растений, 10, 1936.
18 Михайлова, Анатомия одеревянения плодов у помидоров, Сб. Вирусные болезни растений в Крыму и на Украине, 1934.
19 Опарин А. И., Биохимическое изучение мозаичной болезни. Резюме к докладу на съезде Сахаро-семеновод. управления Сахаротреста, 1928.
20 Прянишников Д. Н., Белковые вещества и их превращение в растениях в связи с дыханием и ассимиляцией, Москва, 1899.
21 Прянишников Д. Н., Аммиак как альфа и омега обмена веществ в растениях, Юбил. сборник К. А. Тимирязева, 1916.
22 Пройда, Мозаика сахарной свеклы, Сб. Мозаичные болезни сахарной свеклы, Киев, 1930.
23 Рожалин Л. В., Система мероприятий для получения второго урожая при посадке свежеубранным молодым картофелем, Доклад. Всесоюзной с.-х. Академии Наук имени Ленина, вып. 1, 1936.
24 Риверс, Вирусные заболевания, пер. и ред. Рыжкова, 1934.
25 Рихтер и Сухоруков, Пути к изменению физиологического иммунитета. Журн. Опытн. агрономии Юго—Востока, 1931.
26 Рузинов, Некоторые данные по физиологии скручивания листьев картофеля, Болезни растений, 1930.
27 Рыжков В. Л., Новые работы по очистке фильтрующегося вируса, Микробиология, т. VI, вып. 6, 1937.
28 Рыжков, Вирусные болезни растений, Москва, 1935.
29 Рыжков, Фильтрующиеся вирусы, как причина позеленения цветов, Вирусные болезни в Крыму и на Украине, 59—79, 1934.
30 Сапожников В. В., Образование углеводов в листьях и превращение их по растению, 1890.
31 Сухов К. С., Материалы к физико-химической характеристике ультравируса мозаики, Сб. Вирусные болезни растений в Крыму и на Украине, 1934.
32 Сухоруков К. Т., Энзиматическая активность организма и некоторые явления физиологического иммунитета, Журн. О/А Юго—Востока, 1930.
33 Тверской Д. Л., Болезни табака и махорки и меры борьбы с ними, Пищепромиздат, 1935.
34 Топеха Е. Ф., Биохимия вирусных болезней картофеля, Труды по прикладн. ботан., генет. и селекции, серия III, № 14, 1936.
35 Хлебникова Н. А., К физиологии плодовых и огородных культур, Труды комиссии по ирригации Заволжья, вып. 3, 1932.
36 Худына И. П., Вирусные болезни табака в СССР, 130, Краснодар (ВИТИМ), 1936.
37 Ячевский А. А., Краткий обзор изучения о вырождении у растений, Материалы по микологии и фитопатологии, 1928.
38 Ячевский А. А., Болезни вырождения картофеля. Союзкартофель, 1935.
39 Bawden F. C. and N. W. Pirie, A plant virus preparation in fully crystalline state, Nature, v. 41, № 3568, 1938.
40 Chester K., The problem of acquired physiological immunity n plants. Quar. rev. biol., v. 8, 1935.
41 Berkner F., Ein weiter Beitrag zur Frage des Aufbauproblems der Kartoffel, Pflanzenbau, Bd. 12, H. 7, 1936.
42 Dix W., Ein Beitrag zur Frage des Aufbaues der Kartoffel, Landw. Jahrb., Bd. 8, H. 5, 1934.
43 Hartisch, Stoffwechsel physiologische Untersuchungen über die Blattrollkrankheit der Kartoffelpflanzen, Planta, 22, H. 5, 1934.
44 Hey A., Zur Biologie der Kartoffel. Die Diagnose des Abbaugrades von Kartoffelknollen durch elektrometrische Messung. Arbeit. d. Biol. Reichsanst., Bd. 20, H. 1, 1932.
45 Köhler E., Allgemeines über Viruskrankheiten bei Pflanzen. Angew. Bot., Bd. XIV, H. 4, 1932.
46 Marx und Merkenschlagen, Zur Biologie der Kartoffel. Mitteil. XII. Arbeit. d. Biol. Reichsanst. f. Land. und Forstw., 1932.
47 Merkenschlager F., Zur Diagnose und Prognose des Pflanzenwertes [der Kartoffel. Der Kartoffelbau, № 10, 1932.
48 Pfankuch E., Zur Biochemie des Kartoffelabbaues, III Mitteilung. Biochem. Zeitschr., Bd. 279, H. 12, 1935.

[49] Pfankuch E. und G. Lindau, Zur Biochemie des Kartoffelbaues, II Bioch. Zeitschr., Bd. 277, H. 1—2, 1935.
[50] Salaman R. N., Immunity to virus diseases in plants. 3 congr. inter. pathol. comp. a Atheney, 1936.
[51] Stanley W. M., Some biochemical investigation on the crystalline tobacco-mosaic virus proteins. Proc. Amer. Phil. Soc., v. 77, № 4, 1937.
[52] Wartenberg F., Beitrag zur Kenntnis des ökologischen Abbaues der Kartoffel. Mitteilung VI. Arbeit. d. Biol. Reichsanst., Bd., 18, 1936.
[53] Whitehead T., The physiology of potato leafroll. On the respiration the healty and lea rollinfected potatoes. Annals of appl. biol. v. XXI, № 1, 1934.
[54] Wykoff R. W., The ultracentrifugal study of virus protein. Proc. amer. Phil. Soc., v. 77, № 4, 1937.

M. N. VOROBIEVA. THE NITROGEN EXCHANGE IN PLANTS INFECTED BY VIRUS

SUMMARY

(1) In tubers and supersoil parts of potatoe degenerating under southern conditions accumulation of the ammoniacal and amide nitrogen takes place. In growing the plant in hot beds from tubers of the degenerated potatoe the increased content of the ammoniacal and amide nitrogen is observed in all parts of the plant.

(2) In spring planting of potatoe which leads in the south to the degeneration of the latter, the greatest increase in the content of ammonia and amides is observed in tubers.

(3) Under conditions of artificially warming of tubers an increase in the content of ammoniacal and amide nitrogen is also observed in the plant, the changes in the chemical content are also observed in the developing plant.

(4) When infected by virus the potatoe (aucuba and wrinkled mosaic) shows the increase also of the ammonia content, yet the amide content is not increased and in some cases is lowered.

(5) In infecting tobacco by the tobacco mosaik some differences in the nitrogen exchange were observed in forms with a varying degree of resistance to virus. In succeptible plants (*N. Tab.* var. *macrophylla, chinensis, havana*) with the progress of infection the increase of protein in leaves is observed. The ammonia content is variable and so far the experiments have failed to show regularity in it. In the virus resistant plants after infection the decrease in protein is observed, which in the first few days after infection may be as much as 32 per cent of the total content (*N. rustica*).

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук Classe des sciences biologiques

А. В. ПЕТЕРБУРГСКИЙ

Д. Н. ПРЯНИШНИКОВ — ОСНОВАТЕЛЬ И РУКОВОДИТЕЛЬ СОВЕТСКОЙ АГРОХИМИИ

11 апреля с. г. Академия Наук СССР и агрономическая общественность отметили пятидесятилетие научной, педагогической и общественной деятельности одного из выдающихся ученых СССР академика орденоносца Дмитрия Николаевича Прянишникова.

Развитие в нашей стране агрономической химии и ее наибольшие успехи неразрывно связаны с именем акад. Прянишникова.

Академик Д. Н. Прянишников

Дмитрий Николаевич родился в 1865 г., в г. Кяхта (Иркутской губ.). Этот город был местом ссылки революционеров. Мать Д. Н. попала в ссылку вместе с родителями. Отец Д. Н. был коренной сибиряк, служащий.

По окончании иркутской гимназии Д. Н. поступает в Московский университет, а окончив его (в 1887 г.)—в Сельскохозяйственную академию, где был выдвинут для усовершенствования и подготовки к профессорской деятельности. В 1891 г. Д. Н. зачисляется приват-доцентом Московского университета, где с 1892 по 1929 г. читает агрономическую химию. В 1892—1894 гг., в заграничной командировке, Д. Н. работает в лабораториях ряда крупных ученых (Кох, Дюкло, Шульце). Здесь он начинает свою работу по азотному обмену у растений, которую с большим успехом продолжает в дальнейшем. В 1896 г. Д. Н. защищает магистерскую, а в 1900 г. — докторскую диссертации. Официальный оппонент, в обоих случаях К. А. Тимирязев, дает высокую оценку работам Д. Н. о превращении белковых веществ в прорастающих семенах и в растениях.

В 1894 г. Д. Н. по настойчивому совету профессоров Стебута и Тимирязева, удаленных из Сельскохозяйственной академии при ее закрытии, принимает заведывание кафедрой частного земледелия в Московском с.-х. институте, где при содействии Тимирязева начинает вегетационные опыты и приступает к развертыванию агрохимических работ, читает курсы «Учение об удобрении» и «Частное земледелие».

Исключительная одаренность и необычайная энергия и работоспособность Д. Н. позволяют ему вести три лекционных курса и написать соответствующие учебники (Частное земледелие, Химия растений, Учение об удобрении), активно участвовать в многочисленных научных съездах, в том числе за границей, где

он авторитетно представлял нашу агрономическую науку, и в то же время проводить обширные и разнообразные научные работы в области агрохимии. Эти работы вписали много новых и ярких страниц во все разделы науки о питании растений и принесли ему мировую известность. Среди других научных работ Д. Н. особое место занимают его исследования об особенностях азотного питания растений и о превращении в растениях азотных веществ. К этим вопросам он возвращается постоянно и каждый год вносит в эту область нечто новое. Его исключительные по глубине анализа и силе обобщения исследования позволяют ему сформулировать свою теорию, теперь общепризнанную, об аммиаке — как альфе и омеге обмена азотистых веществ в растении. До работ акад. Прянишникова возможность питания растений аммиаком либо вовсе отрицалась, либо сводилась к ничтожному размеру, по сравнению с питанием нитратами, которым отводилась роль почти единственного источника азота, непосредственно доступного растениям. Прянишников установил, что синтез органических азотистых соединений, до белка включительно, в растении возможен за счет аммиака, как источника азота. Было доказано, что растения не только могут питаться аммиачным азотом, но что этот источник азота и наиболее экономичный. Если учесть, что азотная промышленность дает преимущественно аммиачные формы удобрений, то станет ясным значение этого вывода. Однако в первые фазы развития, когда ассимиляция углерода слабо выражена, проростки растений, семена которых бедны углеводами, могут страдать от накопления в своих клетках аммиака, неиспользованного для синтеза белка вследствие недостатка углеводов. Напротив, в этих же условиях нитраты, накопляясь в клетках проростков, не депрессируют их развития, а редукция нитратов в аммиак идет лишь в меру необходимости. Этим объясняется преимущество нитратного питания перед аммиачным в раннем возрасте некоторых культур. Для таких культур (например, сахарная свекла) необходимо сочетание нитратного питания в первый период роста и аммиачного — в дальнейшем.

Опираясь на указанные многолетние исследования акад. Прянишникова, стало возможным подходить к использованию аммиачных и нитратных удобрений вполне сознательно и тем значительно повышать их эффективность.

Являясь учеником Климента Аркадьевича Тимирязева, Прянишников, как и его учитель, сумел свои глубокие и оригинальные исследования постоянно связывать с нуждами и запросами практического земледелия.

Подводя итоги успехам агрономических наук в XIX веке и отмечая подъем урожаев в ряде передовых тогда стран капитализма, Тимирязев писал (1897 г. «Физиология растений, как основа рационального земледелия», см. Сочинения, т. III, 1937 г.): «Чем отмечены научные успехи за этот последний век, отразившиеся на земледелии, совершенно изменившие его характер, превратившие его из бессвязного собрания рецептов и слепого подражания успешным примерам в более или менее сознательную разумную деятельность? Конечно, возникновением двух отраслей знания: агрономической химии и физиологии растений». И далее: «Земледелие стало тем, чем оно есть, только благодаря агрономической химии и физиологии растений. . .» В результате классических исследований Сенебье, Соссюра, Буссенго, Сакса, Тимирязева, Гельригеля и др. к этому времени в основных чертах разрешены были крупнейшие проблемы в изучении питания растений. Воздействие на корневое питание растений путем внесения в почву удобрений постепенно стало одним из решающих рычагов повышения урожайности с.-х. культур и улучшения качества их продукции. Научное освещение вопросов рационального применения удобрений превратилось в одну из фундаментальных задач агрохимии. Передовые ученые нашей страны Менделеев и Тимирязев проявили глубокий интерес к этой науке. Но вся жизнь и деятельность Менделеева и почти вся — Тимирязева, а также больше половины из отмечаемых пятидесяти лет работы Прянишникова, протекали в таких условиях, когда не только не могло быть и речи о сколько-нибудь заметном влиянии агрохимии на урожаи в нищем, раздробленном крестьянском хозяйстве тогдашней России, но когда даже самое понятие «агрохимия» оставалось чуждым для царских сатрапов. Известно, что

при открытии Московского с.-х. института на месте разгромленной, как слишком либеральной, Петровской земледельческой и Лесной академии, в его учебном плане не оказалось ни физиологии растений, ни агрохимии.

Инициатива Менделеева в проведении опытов с минеральными удобрениями, блестящие физиологические эксперименты и горячая научная проповедь на эту же тему Тимирязева дали крупный толчок научной мысли, но заметного практического развития применение химических удобрений тогда не получило.

Семена, брошенные Менделеевым и Тимирязевым и приумноженные Прянишниковым, дали обильные всходы только после победы Великой Социалистической революции в СССР; после перестройки сельского хозяйства на социалистических началах, на базе новейшей техники; после того как в совхозы и колхозы пришли десятки тысяч квалифицированных советских агрономов; после создания передовой химической индустрии, снабжающей с.-х. удобрениями, и после возникновения могучего стахановского движения, выдвинувшего многие тысячи новаторов земледелия, которые в своей борьбе за сталинские урожаи не только мобилизовали все средства из арсеналов агрономии, но и проложили новые пути развитию с.-х. наук.

Огромный размах и ближайшие задачи применения удобрений в Союзе ССР отражены в решениях исторического XVIII съезда ВКП(б): «Освоить в колхозах и совхозах применение правильной системы органических и минеральных удобрений, обратив особое внимание на рациональное хранение и использование навоза и других местных удобрений, ликвидировать потери минеральных удобрений. Широко внедрить в практику известкование подзолистых и гипсование солонцовых почв».

В этих строках заключена обширная программа дальнейшей реализации в социалистическом земледелии основных достижений агрохимии в борьбе за высокие и устойчивые урожаи.

В течение полувека Прянишников продолжает работы Менделеева и Тимирязева по пропаганде значения удобрений, готовит кадры агрономов-агрохимиков и неутомимо трудится над разрешением новейших проблем корневого питания растений, обмена веществ в растениях и действия удобрений в связи с характером питания и другими особенностями культур и свойствами почв. Нет такого вопроса в агрохимии, который не получил бы своего дальнейшего развития в лаборатории Прянишникова, в его личных работах и работах его многочисленных учеников. Даже проблемы, связанные с технологией фосфорных минеральных удобрений, которые после революции стали предметом работ одного из крупнейших научно-исследовательских институтов страны (Институт удобрений), в дореволюционный период изучались только в лаборатории Прянишникова и по его инициативе.

Методы агрохимических исследований, в особенности методика вегетационного опыта, получили в лаборатории Прянишникова значительное усовершенствование и во многом разработаны совершенно заново. Это позволило необычайно тонко и всесторонне проникать в сложнейшие физиологические процессы поступления веществ в растения в связи с характером питательной среды и особенностями культур и следить за дальнейшими превращениями поступивших веществ в растениях. Изучение фосфатного питания растений, форм фосфорных удобрений и блестящее разрешение вопроса о применении фосфоритной муки в качестве самого дешевого источника фосфора для с.-х. культур на кислых и слабокислых почвах, имеет важнейшее народнохозяйственное значение и является одной из крупных заслуг акад. Прянишникова и его учеников. Разведанные залежи фосфоритов в СССР составляют свыше 16 млрд. т (более 60% мирового запаса), а почв с указанными свойствами — десятки млн. га; поэтому перспективы применения этого удобрения весьма благоприятны. Известно, что часть наших фосфоритов (низкопроцентные) не пригодна для переработки на простой суперфосфат, вследствие чего непосредственное применение этих фосфоритов в виде муки на удобрение является весьма целесообразным методом их использования.

Многолетние исследования физико-химических и химических свойств кислых почв, вредного влияния кислотности на растения и способов его устранения, путем известкования почвы, дали всестороннее обоснование этому кардинальному приему химизации. Теперь установлено, что только в европейской части СССР имеется свыше 13 млн. га почв, для которых известкование является одним из первоочередных мероприятий, без которого повышение урожайности на этих огромных площадях крайне затруднительно.

Акад. Прянишниковым уделено много внимания балансу питательных веществ в земледелии СССР, в особенности азотному балансу, с учетом наших возможностей и, в частности, правильному сочетанию азота промышленного с азотом биологическим (клевер, люцерна, люпин и другие азотособиратели) и азотом хозяйственных отходов (навоз и др.). В его работах получают обоснование принципы распределения удобрений по районам и культурам, обосновываются дозы удобрений и их сочетания. Внося то или иное предложение по линии химизации сельского хозяйства и развития химической индустрии, Прянишников увязывает его с требованиями всего с.-х. комплекса, задачами народного хозяйства в целом и обороны страны. За работы в Госплане СССР правительство наградило его орденом Трудового Красного Знамени.

Из недр лаборатории Прянишникова вышли основные агрохимические ячейки трех крупнейших научно-исследовательских институтов: Научного института удобрений (1919 г.), Института сахарной промышленности (1928 г.) и Института удобрений, агротехники и агропочвоведения (1931 г.). Среди его учеников насчитывается несколько академиков и десятки профессоров.

Много талантливой молодежи из рабочих, крестьян и трудовой интеллигенции в послереволюционные годы прошло через его лабораторию, получило здесь свою научную квалификацию и работает сейчас в вузах, на опытных станциях, в научных институтах и лабораториях МТС. В настоящее время на его кафедре 15 аспирантов (Тимирязевская с.-х. академия).

Кроме 370 работ, напечатанных акад. Прянишниковым за истекшие 50 лет, он, как уже отмечалось, является автором нескольких учебников, которые много раз переиздавались, переведены на языки национальных республик СССР, изданы на нескольких языках за границей и являются стабильными руководствами в наших с.-х. вузах. По этим учебникам учились и готовятся десятки тысяч советских агрономов.

Д. Н. Прянишников — действительный член Академии Наук СССР и Всесоюзной академии с.-х. наук имени Ленина, почетный член ряда академий и научных обществ за границей, общепризнанный основатель и руководитель советской агрохимии.

Как подлинный гражданин и патриот нашей социалистической родины, Дмитрий Николаевич Прянишников весь свой талант исследователя и опыт педагога принес на службу укреплению и развитию социалистического земледелия.

Пожелаем ему здоровья, бодрости и новых успехов в его ответственной и полезной работе.

Кафедра агрохимии.
Всесоюзная академия
социалистического земледелия.

Поступило
20.VI.1939.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1939
BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
Отд. биол. наук — Classe des sciences biologiques

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СЕРИИ ЗА 1939 г.

Стр.

Алексеев А. К. К развитию *Pinna Lebedevi* Alex. из палеогена Северного Приаралья. 228

Арасимович В. В. Биохимические показатели овощей как сырья для консервной промышленности. 947

Атабекова А. И. О механизме образования соматической дупликации. 510

Ахромейко А. И. Динамика поглощения питательных веществ и накопление крахмала картофелем. 1055

Беловицкая Н. А. и Гречухин Е. И. Об однодомной конопле. 311

Бельговский М. Л. Зависимость частоты мелких перестроек хромосом у *Drosophila melanogaster* от дозы Х-лучей. 159

Берман З. И. Физиологическое состояние половой клетки и процесс наследственной изменчивости. 645

Бреславец Л. П. Морфологические изменения конопли, вызванные рентгеновскими лучами. I. Макроскопические наблюдения. 335

Войткевич А. А. Исследование морфогенной роли гипофиза в связи с вопросом о локализации основных гормонов передней доли. 720

Войткевич А. А. О методе тиреоидектомии птиц. 469

Воробьева М. Н. Азотистый обмен у растений при вирусных заболеваниях. 1103

Геккер Р. Ф. Лепердиция из Среднего девона Ленинградской области. 232

Геккер Р. Ф. *Pyrgocystis* из нижнего силура Ленинградской области. 241

Гливенко В. И. Исследования по математической генетике. 615

Гурьянова Е. Ф. К вопросу о происхождении и истории развития фауны Полярного бассейна. 679

Драгомиров Н. И. Корреляция в развитии эктодермальных зачатков глаза. 741

Ефремов И. А. Значение верхнепалеозойских континентальных бассейнов Сибири в палеонтологии древнейших позвоночных. 247

Стр.

Ефремов И. А. О развитии пермской фауны *Tetrapoda* СССР и разделении континентальной перми на стратиграфические зоны. 272

Железкова В. Н. и Конжукова Е. Д. Опыт биологического исследования нижнекаменноугольных продуктид Селижаровского района. 290

Зеленин М. М. Количественное определение тиомочевины в грибных вытяжках спектральным путем. 832

Иванов Н. Н. Биохимические показатели качества пивоваренного ячменя. 887

Иванова Т. М. Центральная нервная система и формообразовательные процессы. 769

Исакова А. А. О влиянии бактерий ризосферы на развитие растений. 838

Катунский В. М. Об изменениях фотосинтетической деятельности растений в процессе их роста и развития, в связи с проблемой углекислотного удобрения. 85

Княгиничев М. И. Белок в зерне пшениц Советского Союза. 880

Колесник Н. Н. Родственное разведение и жизнеспособность телят ярославского скота. 989

Комаров Владимир Леонтьевич 639

Кретович В. Л. и Токарева Р. Р. Биохимия повреждения зерна клопом-черепашкой и морозом. 865

Курсанов А. Л. Биохимический контроль чайного производства. 71

Кушнер Х. Ф. Исследование состава крови ярославского скота в связи с его продуктивностью. 189

Кушнер Х. Ф. Состав крови лошадей, ослов и мулов в связи с гетерозисом мулов. 171

Кушнер Х. Ф. Состав крови лошадей в связи с их рабочей производительностью. 103

Малиновский А. А. Роль генетических и феногенетических явлений в эволюции вида. 575

Медведев Н. Н. Преодоление бесплодия у сверхсамок *Drosophila melanogaster* путем пересадки яичников. 207

Мейен В. А. К вопросу о годовом

Стр.

цикле изменений яичников костистых рыб. 389
Народная интеллигенция. 3
Николаев Р. П. Биохимические показатели картофеля как технического сырья. 899
Новиков Б. Г. Половой гормон и признаки пола у *Perdix perdix* L. 421
Опарин А. И. Биохимические показатели хлебопекарного качества зерна и муки. 43, 862
Опарин А. И. Технологическое качество растительного сырья. 859
Петербургский А. В. Д. Н. Прянишников — основатель и руководитель советской агрохимии. 1116
Попов В. В., С. П. Евдокимова и А. Г. Крымова. О линзообразовательной способности эпидермиса личинок и взрослых амфибий. 487
Прокофьева-Бельговская А. А. Инертные районы внутренних частей Х-хромосомы *Drosophila melanogaster*. 362
Прокофьева-Бельговская А. А. Цитологическое изучение «простых разрывов» в инертном районе Х-хромосомы *Drosophila melanogaster*. 349
Прокофьева-Бельговская А. А. Цитологическое изучение разломов Х-хромосомы *Drosophila melanogaster* в районе локуса white. 215
Прокофьев А. А. Образование каучука в растениях. 908
Рубин Б. А. Биохимические показатели качества овощей. 936
Руженцев В. Е. Значение онтогенеза для естественной систематики аммонитов. 13
Рывкина Д. Е. и А. Р. Стриганова. Местные и общие изменения протеолиза в процессе регенерации органа. 789
Рывкина Д. и А. Стриганова. Тканевой обмен при заживлении ран. 445
Светозаров Е. и Г. Г. Штрайх. Сравнительная морфология пера сельскохозяйственных птиц. 800
Силин П. М. Биохимические показатели качества сахарной свеклы. 924
Сисакян Н. М. Физиологическая роль ферментов. 33
Смирнов А. И. О биохимических показателях качества зеленого табачного листа. 969

Стр.

Соседов Н. И., В. А. Швецова, А. Б. Вакар и З. Б. Дроздова. Биохимические процессы при кондиционировании пшеницы. 873
Стриганова А. Р. Об изменении активности катепсина при нормальной и патологической регенерации у аксолотлей. 823
Студитский А. Н. Экспериментальные исследования по гистогенезу костной ткани. 457
Сухов К. С. и А. М. Вовк. «Закукливание» овса, его вредоносность и пути распространения в природе. 121
Хвостова В. В. Роль инертных частей хромосом в эффекте положения гена cubitus interruptus у *Drosophila melanogaster*. 541
Худяков Я. П. и Е. А. Разницина. Применение миколитических бактерий путем бактеризации семян при яровизации. 117
Чумак М. Д. Изучение нового устойчивого к ацетону штамма ацетоно-этиловых бактерий в связи с возможностью повышения концентраций производственных заторов. 145
Шкварников П. К. Мутационная изменчивость в семенах и ее значение для семеноводства и селекции. 1009
Шмальгаузен И. И. О направлениях эволюционного процесса. 7
Шмук А. А. Качество табака и его химический состав. 955
Штейнберг Д. М. Регуляционные процессы при метаморфозе у насекомых. 502
Щербаков А. П. Влияние этилена на направленность действия инвертазы в листьях табака. 977
Эллади Е. В. Наследование длины вегетационного периода у гибридов льна. 371
Эмме Е. К. Гибриды голозерных овсов. 516
Эмме Е. К. и А. И. Мордвинкина. Гибриды 14-хромосомных голозерных овсов. 530
Яшнов В. А. Планктическая продуктивность Каспийского моря. I. Распределение титра и биомассы планктона Каспийского моря по материалам 1934—1937 гг. 705

TABLE DES MATIÈRES DE LA SÉRIE BIOLOGIQUE, 1939

Page

Akhromeiko A. J. The Rate of Absorbtion of Nutrient Substances and accumulation of Starch by Potato. 1105
Alexeiev A. K. Sur le développement de *Pinna Lebedevi* Alex. de l'éocène supérieur. 231

Page

Arasimovich V. Biochemical Indice-Characters of Vegetables as Raw-Material for Canning. 954
Atabekova A. J. On the mechanism of formation of somatic duplications. 515
Belgovsky M. L. Dependence of the frequency of minute chromo-

Page

some rearrangements in Drosophila melanogaster upon X-rays dosage. 167
Belovitskaya N. a. E. J. Grechukhin. On the monoecious hemp. 333
Berman Z. Physiological State of the germ cell and the process of genetic variability. Effect of X-rays on mutation of various stages of the spermatogenesis in Drosophila melanogaster. 677
Breslavets L. P. Morphological changes in hemp induced by X-radiation. 348
Chumak M. D. A study of a new acetonresistant stock of acetonethylic bacteria with special reference to the possibility of increasing the concentration of industrial mashes. 145
Dragomirov N. Correlation in the development of ectodermal rudiments of the eye. 766
Efremov J. A. On the significance of the Upper Palaeozoic Continental basins of Siberia in the Palaeontology of the early Tetrapoda. 270
Efremov J. A. On the permian Tetrapoda-Fauna of the USSR and Stratigraphical Subdivision of the continental Permian. 287
Elladi K. V. Inheritance of lenght of vegetative period in flax hybrids. 388
Emme H. Bastarde von nacktsamigen Hafern. 540
Glivenko V. J. Studies on mathematical Genetics I. 635
Gurjanova E. Contributions to the Origin and history of the fauna of Polar Basin. 702
Hecker R. A. Leperditia from the Middle Devonian of the Leningrad Province. 239
Hecker R. Pyrgocystis from the Ordovician of Leningrad Province. 245
Hudyakov J. P. and E. A. Raznitsyna. The Use of Mycolytic bacteria for the Inoculation of seed during vernalization. 120
Ivanova Tatyana. The central nervous system and formative processes. 785
Ivanov N. The Biochemical Indice-Characters of the Quality of Barley. 898
Isakova A. The effect of rhizosphere bacteria on the development of plants. 855
Jaschnov W. Plankton productivity of the Caspian Sea. The distribution of the titre and the plankton biomass of the Caspian Sea, according to the material of 1934—1935 716
Jelezkova B. and E. Konjukova. A biological study of lower Carboniferous Productids of the Selijarovo Region. 305
Katunsky V. M. Changes in the Photosynthetic activity of Plants during their Growth and Development as related to the Problem of Carbon-Dioxide Fertilization. 101

Page

Khwostowa W. W. The rôle played by the inert chromosome regions in the position effect of the cubitus interruptus gene in Drosophila melanogaster. 573
Knyaginitschev. Protein content of wheats of the Sovet Union. 886
Kolesnik N. Inbreeding and Vitality of Calves from the Yaroslav Stock. 1007
Kretovich V. and Tokareva R. Biochemistry of the damages inflicted upon wheat by wheat-bug and frost. 872
Kursanov A. The biochemical Control of tea manufacture. 84
Kushner H. F. Investigation of the composition in the blood of yaroslav cattle in connection with their productivity. 206
Kushner H. F. The composition of the blood of horses as related to their working capacity. 116
Kushner H. F. The composition of the blood of horses, asses and mules in connection with the heterosis of the mules. 188
Malinovsky A. The rôle of genetic and phenogenetic phenomena in the evolution of the species. 612
Mayenne V. Le cycle annuel des changements de l'ovaire des Téléostéens. 419
Medvedev N. N. Overcoming the sterility in Drosophila melanogaster superfemales by means of ovary transplantations. 214
Nikolayev R. Biochemical Indice-Characters of potatoe as Raw Material. 907
Novikov B. G. Sex Hormones and Sexual characters in Perdix perdix L. 440
Oparine A. J. Biochemical Indices of the Baking Quality of Grain and Flour. 67
Oparine A. J. Biochemical indice-characters of the baking quality of grain and flour. 862
Oparine A. J. Technologic quality of Raw Material. 859
Petersburgski A. Biography of the Member of Academy D. N. Prianishnikov. 1116
Popoff W. W., Jewdokimowa S. P. und A. G. Krymova. Über die linsenbildende Fähigkeit der Epidermis von Amphibien und Amphibienlarven. 501
Prokofiev A. A. Rubber Formation in Plants. 923
Prokofyeva-Belgovskaya A. Cytological study of the breaks at the white-locus of the X-chromosome of Drosophila melanogaster. 224
Prokofyeva-Belgovskaya A. A. Cytological study of the «Simple-Breaks» in the inert region of the scute[8] chromosome of Drosophila melanogaster. 359
Prokofyeva-Belgovskaya A. A. Inert regions in the inner

Page

part of the X-chromosome of Drosophila melanogaster. 369
Rubin B. A. Biochemical Indice-Characters of the Quality of Vegetables. 945
Ruzhencev V. E. The Significance of the Ontogenesis for the Natural Classification of Ammonites. 30
Ryvkina D. and A. Striganova. Local and general changes in proteolysis during the process of regeneration of an organ. 799
Ryvkina D. and A. Striganova. On the Tissues Metabolism at Wound Healing. 455
Ščerbakov A. The influence of Ethylence on the Direction of Invertase activity in Tobacco Leaves. 988
Shkvarnikov P. Mutation in seeds and his significance for a seed-culture and selection of plants. 1054
Schmuck A. A. The Taste Quality of Tobacco and Chemical Composition. 968
Silin P. Biochemical Indice-Characters of the Quality of the Sugar-beet. 935
Smirnov A. Biochemical Indice-Characters of the Quality of the green Tobacco Leaf. 974
Sossiedow N. J., Shvetsova V. A., Vakar A. B. and Z. B. Drozdova. Biochemical Processes in Wheat Conditioning. 879
Steinberg D. The regulatory processes in insect metamorphosis. 503
Striganova A. On changes in cathepsin activity during normal and pathological regeneration in axolotls. 831
Studitsky A. Recherches expérimentales sur l'histogénèse du tissu osseux. 467
Sukhov K. I. and Vovk A. M. Damage caused by «Zakuklivanye», a mosaic disease of oats, and mode of its distribution. 121
Syssakyan N. M. The Physiological Rôle of Ferments. 42
Svetozarov E. and G. Shtreich. Comparative Morphology of the plumage of domestic fowl. 821
Vorobieva. The Nitrogen Exchange in plants infected by virus. 1115
Woitkewitsch A. Morphogenetic rôle of the hypophysis in connection with localization of basic hormons of the anterior lobe. 739
Woitkewitch A. A. On a method of thyroidectomy in birds. 483
Zelenin M. Quantitative determination of the thiourea in fungus extracts by the spectral method. 837

Оглавление

Биохимия

Стр.

А. И. Опарин. Технологическое качество растительного сырья . . 859

А. И. Опарин. Биохимические показатели хлебопекарного качества зерна и муки 862

В. Л. Кретович и Р. Р. Токарева. Биохимия повреждения зерна клопом-черепашкой и морозом 865

Н. И. Соседов, В. А. Швецова, А. Б. Вакар и З. Б. Дроздова. Биохимические процессы при кондиционировании пшеницы 873

М. И. Княгиничев. Белок в зерне пшениц Советского Союза . . . 880

Н. Н. Иванов. Биохимические показатели качества пивоваренного ячменя 887

Р. П. Николаев. Биохимические показатели картофеля как технического сырья 899

А. А. Прокофьев. Образование каучука в растениях 908

П. М. Силин. Биохимические показатели качества сахарной свеклы . 924

Б. А. Рубин. Биохимические показатели качества овощей 936

В. В. Арасимович. Биохимические показатели овощей как сырья для консервной промышленности . . 947

А. А. Шмук. Вкусовое качество табака и его химический состав . . 955

А. И. Смирнов. О биохимических показателях качества зеленого табачного листа 969

А. П. Щербаков. Влияние этилена на направленность действия инвертазы в листьях табака (*Nicot. tabac.* L.) 975

Генетика

Н. Н. Колесник. Родственное разведение и жизнеспособность телят ярославского скота 989

П. К. Шкварников. Мутационная изменчивость в семенах и ее значение для семеноводства и селекции 1009

Физиология растений

А. И. Ахромейко. Динамика поглощения питательных веществ и накопление крахмала картофелем . 1055

М. Н. Воробьева. Азотистый обмен у растений при вирусных заболеваниях 1103

А. В. Петербургский. Д. Н. Прянишников — основатель и руководитель советской агрохимии . . . 1116

Содержание биологической серии за 1939 г. 1120

Sommaire

Biochémie

Page

A. J. Oparine. Technologic quality of Raw Material 859

A. J. Oparine. Biochemical indice-characters of the baking quality of grain and flour 862

V. L. Kretovich and R. R. Tokareva. Biochemistry of the damages inflicted upon wheat by wheat-bug and frost 872

N. J. Sossjedow, V. A. Shvetsova, A. B. Vakar and Z. B. Drozdova. Biochemical Processes in Wheat Conditioning 879

M. J. Knyaginichev. Protein content of wheats of the Soviet Union . 886

N. N. Ivanov. The Biochemical Indice-Characters of the Quality of Barley 898

R. P. Nikolaev. Biochemical Indice-Characters of Potato as Raw Material 907

A. A. Prokofiev. Rubber Formation in Plants 923

P. M. Silin. Biochemical Indice-Characters of the Quality of the Sugar-Beet 935

B. A. Rubin. Biochemical Indice-Characters of the Quality of Vegetables 945

V. V. Arasimovich. Biochemical Indice-Characters of Vegetables as Raw-Material for Canning 954

A. A. Schmuck. The Taste Quality of Tobacco and its Chemical Composition 968

A. J. Smirnov. Biochemical Indice-Characters of the Quality of the green Tobacco Leaf 974

A. P. Ščerbakov. The Influence of Ethylene on the Direction of Invertase Activity in Tobacco Leaves 988

Génétique

N. N. Kolesnik. Inbreeding and vitality of calves from the Yaroslav stock 1007

P. K. Shkvarnikov. Mutation in seeds and his significance for a seedculture and selection of plants . . 1054

Physiologie végétale

A. J. Akhromeiko. The rate of absorption of Nutrient Substances and accumulation of Starch by Potatoe 1101

M. N. Vorobieva. The Nitrogen Exchange in plants infected by virus 1115

Biography of the Member of Academie of Sciences D. N. Prianishnikov 1116

Table des matières de la série biologique pour l'année 1939 1121

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВНИМАНИЮ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ, УЧРЕЖДЕНИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ, ВУЗОВ, ТЕХНИКУМОВ, ПЛАНОВЫХ КОМИССИЙ, ПАРТКАБИНЕТОВ И БИБЛИОТЕК СССР.

С расширением деятельности научных учреждений Академии Наук СССР из года в год значительно возрастает количество выпускаемых ими печатных трудов.

Чтобы облегчить и ускорить продвижение этих трудов к разнообразным группам потребителей научной книги, ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР ВВЕЛО В ПРАКТИКУ

КНИЖНЫЙ АБОНЕМЕНТ,

т. е. порядок РЕГУЛЯРНОЙ ВЫСЫЛКИ НОВЫХ ИЗДАНИЙ на основе предварительной заявки абонента, в которой оговорены интересующие его постоянные серии трудов и тематических сборников, выпускаемых научными учреждениями Академии Наук СССР.

ПРЕИМУЩЕСТВА КНИЖНОГО АБОНЕМЕНТА:

1. Абонемент дает возможность получать все выпускаемые серийные труды НЕМЕДЛЕННО ПО ВЫХОДЕ ИЗ ПЕЧАТИ.

2. Научный работник или учреждение, состоящие постоянными абонентами, ПОЛУЧАЮТ ИЗДАНИЯ Академии Наук СССР В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ, независимо от ограниченности тиража, так как при тиражировании книг их заявки учитываются как твердые заявки потребителей книги.

3. Имея гарантию Издательства в получении очередной книги из намеченной серии, АБОНЕНТ ИЗБАВЛЯЕТСЯ ОТ ПОИСКОВ И ПОТЕРИ ВРЕМЕНИ, неизбежных при последующем подборе необходимых книг.

4. Постоянным абонентам обеспечено внеочередное выполнение всех их заказов и высылка справок информационно-библиографического характера, а также подбор и высылка всех изданных Академией Наук СССР трудов, ИМЕЮЩИХСЯ на складе Издательства.

КНИГИ ВЫСЫЛАЮТСЯ НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ

ПРОСПЕКТ АБОНЕМЕНТНОГО СЕКТОРА с перечнем основных серий и сборников ВЫСЫЛАЕТСЯ по требованию БЕСПЛАТНО.

Требования следует направлять по адресу: **Москва, Б. Черкасский пер., д. 2. Абонементному Сектору «Академкнига» Издательства Академии Наук СССР.**

Цена 9 руб.